

Aus: Den Forschungslaboratorien der Arzneimittelforschung
GmbH in Berlin
Leiter: Priv. Doz. Dr. med. W.M. Herrmann

**Untersuchung zur Konfiguration von EEG- und
psychologischen Leistungstestdaten**

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Lucia Lübbersmann, geb. Ernst
aus Sinzheim

1984



Aus: Den Forschungslaboratorien der Arzneimittelforschung GmbH in
Berlin

Leiter: Priv. Doz. Dr. med. W.M. Herrmann

**Untersuchung zur Konfiguration von EEG- und
psychologischen Leistungstestdaten**

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Lucia Lübbersmann, geb. Ernst

aus Sinzheim

Referent: W.M. Herrmann, M.D.
Visiting Professor of Psychiatry
Department of Psychiatry and Behavioral Sciences
Health Sciences Center
State University of New York at Stony Brook

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. G. Ulrich

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 6. November 1984

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG	5
2.	DATENGEWINNUNG	6
2.1	Planung der Studie	6
2.2	Aufbau der Studie	7
2.3	Auswahl der Probanden	8
2.4	EEG-Methodik	9
2.5	Psychologische Leistungstestbatterie	10
2.5.1	Tests zur Prüfung spezieller Fähigkeiten	10
2.5.1.1	Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF)	11
2.5.1.1.1	Durchführung der FVF-Bestimmung	12
2.5.1.2	Psychomotorische Tests	13
2.5.1.2.1	Reaktionszeit	13
2.5.1.2.1.1	Einfache Reaktionszeit-Messung	14
2.5.1.2.1.2	Komplexe Reaktionszeit-Messung	15
2.5.1.2.2	Motorische Leistungstests	15
2.5.1.2.2.1	Umstecken	16
2.5.1.2.2.2	Tapping	16
2.5.1.2.2.3	Aiming	17
2.5.1.2.3	Einfluß der Übung auf Höhe und Struktur motorischer Leistungen	17
2.5.1.3	Allgemeine Leistungstests: Der PAULI-Rechentest	19
2.5.1.3.1	Durchführung des PAULI-Tests 'Einfache Addition'	21
2.5.1.3.2	Durchführung des PAULI-Tests 'Addition plus Erinnerungsschritt'	22
2.5.1.3.3	Einfluß der Übung auf den PAULI-Rechentest	22
2.6	Testablauf	24
3.	METHODIK DER DATENANALYSE	26
3.1	Überblick über bisherige Ergebnisse mit den vorliegenden Daten	26
3.2	Ziel der Datenanalyse	27

3.3	Die Konfigurationsfrequenzanalyse (KFA)	28
3.3.1	Die hierarchische Konfigurationsfrequenzanalyse	29
3.3.2	Demonstrationsbeispiel für eine KFA	32
3.4	Anwendung der hierarchischen KFA auf das Datenmaterial	37
3.4.1	Darstellung der Zielvariablen für die KFA	37
3.4.1.1	EEG-Daten	37
3.4.1.2	Psychologische Leistungstestdaten	39
3.4.2	Durchführung der Datenanalyse	40
4.	ERGEBNISSE	41
4.1	Hierarchische KFA nach Höhe der z-Werte geordnet	42
4.2	Einzel-KFA mit dem höchsten z-Wert	47
4.2.1	'Hauptreaktionstypen'	48
4.2.1.1	'Orthodoxer' Reaktionstyp	48
4.2.1.2	'Paradoxer' Reaktionstyp	49
4.2.2	'Nebenreaktionstypen'	50
4.2.2.1	'Nebenreaktionstyp' 1	50
4.2.2.2	'Nebenreaktionstyp' 2	51
4.2.3	Antitypen	51
5.	DISKUSSION	53
6.	ZUSAMMENFASSUNG	57
7.	VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN	59
8.	LITERATUR	62

1. EINLEITUNG

Seit Beginn der Ableitung hirnelektrischer Potentiale durch Hans Berger im Jahre 1929 gibt es zahlreiche Versuche, Zusammenhänge zwischen elektroenzephalographischen Parametern und menschlichem Verhalten nachzuweisen (22).

Bisherige Forschungsergebnisse, welche auf Interkorrelationsanalysen beruhen, zeigen, sofern sie überhaupt Zusammenhänge finden, allenfalls niedrige (8, S. 35; 44, 56) bis mittelhohe Korrelationen (5) zwischen elektroenzephalographischen Daten und psychologischen Variablen.

Diese Tatsache ist insofern unbefriedigend, als man sich vorstellen kann, daß ein bestimmter Aktivitätszustand des Gehirns, wie er sich im EEG darstellen läßt, eigentlich einen eindeutigeren nachweisbaren Niederschlag im menschlichen Verhalten finden müßte.

Eine Erklärung findet sich möglicherweise darin, daß bei korrelationsstatistischen Verfahren der Zusammenhang zwischen mehreren Variablen auf Zusammenhänge zwischen jeweils zwei Merkmalen zurückgeführt wird.

Diese statistischen Modelle können folglich dann keinen hinreichenden Aufschluß geben, wenn es sich um komplexe Merkmalsstrukturen handelt, also mehrere Variablen gleichzeitig zusammenwirken müssen, um ein bestimmtes Erscheinungsbild zu begründen.

Welche Merkmalsstruktur den elektroenzephalographischen und psychologischen Variablen zugrundeliegt, könnte durch eine statistische Methode gefunden werden, die, ohne an parametrische Voraussetzungen gebunden zu sein, nur das gleichzeitige Zusammenspiel von EEG- und psychologischen Test-Variablen im Sinne eines spezifischen Musters, einer sogenannten Konfiguration¹, betrachtet.

Mit diesem Aspekt befaßt sich die vorliegende Untersuchung.

¹ Der Begriff 'Konfiguration' ist dem Konzept des 'configural scoring' entlehnt, in welchem anstatt der Zahl der Ja-Antworten, deren Muster (pattern) ausgewertet wird (30, S. 3). Der Begriff hat nichts zu tun mit dem THURSTONEschen Begriff der Konfiguration als der Gesamtheit der räumlichen Beziehungen zwischen den Variablen des gemeinsamen Faktorenraumes in der Faktorenanalyse (33, S. 20).

2. DATENGEWINNUNG

Vorliegende Studie ist Teil eines humanpharmakologischen Forschungsprojektes, dessen Planung, Ablauf und Methodik im folgenden beschrieben werden soll.

2.1 Planung der Studie

Grundlage der Datengewinnung bilden vier gleichzeitig durchgeführte humanpharmakologische Basisprüfungen, deren Methodik und Ergebnisse an anderer Stelle ausführlich beschrieben wurden (27, 44).

Für jede der vier Prüfungen waren jeweils 15 Probanden vorgesehen.

In jeder Prüfung sollte jeder Proband, nach einer medikamentenfreien ersten Testphase (Prae-Zeit), ein Neuroleptikum, Anxiolytikum, Psychostimulans und Plazebo erhalten.

Um Vergleichbarkeit der verschiedenen Prüfungen zu gewährleisten, wurden die Probanden streng nach einheitlichen Kriterien ausgewählt, die Laborbedingungen und die EEG-Methodik vereinheitlicht und die psychologische Testbatterie in standardisierter Form angeboten.

2.2 Aufbau der Studie

Als Design für die Basisprüfungen wurde eine doppelblinde fünfach cross-over-Anordnung im lateinischen Quadrat gewählt.

Die Probanden erhielten am ersten Testtag, der als Adaptionstag galt, einfachblind Placebo.

Am zweiten Testtag wurden sie, nach der Prae-Zeit, randomisiert einer von fünf Behandlungsreihen zugeordnet, die in zufälliger Anordnung bestanden aus Placebo, Neuroleptikum, Anxiolytikum, Anti-depressivum und Psychostimulans.

Für den hier durchgeführten Teil der Studie wurden aus methodischen Erwägungen lediglich die Prae-Werte verwendet.

2.3 Auswahl der Probanden

In jede der vier Basisprüfungen wurden jeweils 15 Probanden mit 2 Ersatzprobanden eingeschlossen, die folgende Kriterien erfüllten:

- Männlich, Alter zwischen 18 und 45 Jahren, Gewicht zwischen 50 und 90 kg
- Normale Befunde bei den internistischen und klinischen Untersuchungen
- Keine anamnestisch bekannten psychiatrischen Erkrankungen
- Keine Medikamenteneinnahme seit mindestens einem Monat
- Normales klinisches EEG
- Keine EKG- und nicht zu starke Muskelartefakte im EEG
- Okzipitaler α -Rhythmus mit dominanter Frequenz $> 8,0$ Hertz
- α -Amplitude rechts okzipital gegen rechtes Ohr (O_2-A_2) durchgehend unter Wachbedingungen $> 10 \mu V$
- Scores im EYSENCK-Persönlichkeitsfragebogen (12) für die Dimension Extraversion 7-17, für die Dimension Neurotizismus 4-14. Score im VELA-Fragebogen (13) unter 20

Die Probanden wurden für ihre Teilnahme bezahlt.

2.4 EEG-Methodik

Die EEG-Elektroden O_2 , A_2 , F_z , F_{p1} und F_{p2} wurden entsprechend dem internationalen 10:20 System angelegt. Es wurden Goldelektroden mit einem Durchmesser von 7 mm verwandt. Als Leitmedium wurde eine rasch eintrocknende Bentonitpaste benutzt.

Der Widerstand zwischen 2 Elektroden lag nicht höher als 5 k Ω ; er wurde vor jeder Messung geprüft. Ein von einem frequenz- und amplitudenstabilisierten batteriebetriebenen Generator erzeugtes Eichsignal von 100 μ V und 30 Hz wurde vor jeder EEG-Aufzeichnung festgehalten.

Folgende Ableitungen wurden registriert: O_2-A_2 , O_2-F_z , F_z-A_2 und $F_{p2}-F_{p1}$.

Die Zeitkonstante betrug 0,3 Sekunden. Ein 50 Hz-Notchfilter wurde verwandt. Das EEG-Analog-Signal wurde 15.100-fach verstärkt und über die IRIG-Ausgänge des BECKMAN Accutrace Gerätes und die IRIG-Eingänge eines AMPEX Analogbandgerätes PR 2200 frequenzmoduliert und auf 1-Zoll-Bänder registriert, Bandgeschwindigkeit 3 3/4 Zoll pro Sekunde. Die Trägerfrequenz des Bandes war 6,75 Hz, bei der EEG-Frequenzen bis 1,25 KHz aufgezeichnet werden konnten. Über die Wiedergabekanäle wurden die Signale gleichzeitig über die IRIG-Eingänge dem Endverstärker des EEG-Gerätes übermittelt und geschrieben.

Artefaktierte Strecken (Bewegung, Lidschlag, Muskelpotentiale etc.) und 3 Sekunden vorher wurden von der Analyse ausgeschlossen. Die Probanden wurden unter RR-Bedingungen (Relaxing-Recording, kontrollierte Entspannung (27, S. 39)) in einem bequemen Stuhl unter Behaglichkeitsbedingungen untersucht. In dem Raum herrschte Dämmerlicht. Während der fünfminütigen Aufzeichnungen waren die Augen zu schließen. Um ein Einschlafen der Probanden zu verhindern, war permanent ein Signalknopf zu drücken, der beim Loslassen ein 1000 Hz Sinussignal von 70 dB in Ohrnähe ertönen ließ.

2.5 Psychologische Leistungsbatterie

Die in der vorliegenden Untersuchung angewandten psychologischen Prüfmethode n lassen sich nach testpsychologischen Klassifikationskriterien einteilen in (3, 40):

1. Tests zur Prüfung spezieller Fähigkeiten wie Wahrnehmungstests (Flimmerverschmelzungsfrequenz)
2. Psychomotorische Tests (Reaktionszeit, Umstecken, Aiming, Tapping)
3. Allgemeine Leistungstests (Rechentest nach PAULI)

Ein psychodiagnostischer Test kann als ein spezifisches psychologisches Experiment zur Erfassung individueller psychischer Unterschiede gekennzeichnet werden, in welchem unter standardisierten Bedingungen eine Verhaltensstichprobe des Probanden provoziert wird. Dieses sogenannte Testverhalten soll dazu dienen, einen wissenschaftlich begründeten Rückschluß auf die Ausprägung eines oder mehrerer psychologisch relevanter Merkmale des Probanden zu erhalten (41, S. 19).

Nach LIENERT 1969 (37, S. 7) wird ein "Test" definiert als "ein wissenschaftliches Routineverfahren zur Untersuchung eines oder mehrerer empirisch abgrenzbarer Persönlichkeitsmerkmale mit dem Ziel einer möglichst quantitativen Aussage über den relativen Grad der individuellen Merkmalsausprägung."

2.5.1 Tests zur Prüfung spezieller Fähigkeiten

In den folgenden Ausführungen sollen Testverfahren diskutiert werden, die isoliert einzelne Fähigkeiten erfassen wollen, wie beispielsweise die Prüfung rein sensorischer Funktionen, die durch physikalische Begriffe beschrieben werden kann.

Daneben psychomotorische Tests, deren isolierte Leistungserfassung schon weniger gut gelingt, da neben den motorischen meist auch

sensorische Funktionen sowie motivationale Faktoren und Merkmale der praktischen Intelligenz beteiligt sind (40, S. 425).

2.5.1.1 Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF)

Die FVF zählt zu den Wahrnehmungsprüfmethoden, die der Schwellenbestimmung im visuellen Bereich dienen. Schwellenänderungen können einerseits kennzeichnend sein für die Sensitivität spezifischer sensorischer Systeme, zum anderen jedoch auch Ausdruck für die Vigilanz des zentralen Nervensystems als Ganzem (32, S. 36).

Das Prinzip der Bestimmung der FVF ist nach v.BRACKEN (9, S. 125) folgendes: "Läßt man eine Lichtquelle mit steigender Frequenz aufblitzen, sieht man zunächst diskrete Blitze, darauf eine Feldunruhe, das 'Flimmern'. Erhöht man die Frequenz weiter, schlägt das Flimmern um - das Feld wird ruhig, die Blitze verschmelzen. Die Frequenz dieses Umschlags ist die 'Verschmelzungsgrenze'; senkt man die Frequenz, erfolgt ein ähnliches Umschlagen zum Flimmern 'Flimmergrenze'. Beide 'Grenzen' bilden die 'Flimmer-Verschmelzungs-Frequenz' (FVF)."

Die Funktion der FVF als solche findet nur theoretisches Interesse. Diagnostisch bedeutsam ist, daß sich die FVF eignet als "Kriterium zentralneurologischer Beeinflussung", als "Maß für den Grad allgemeiner psychischer Aktivität, speziell der Antriebs- und Willensfunktionen" (43, S. 530).

Die FVF soll "Aufschluß über die augenblickliche Erregbarkeit und Gesamtaktivität des ZNS liefern" (31, S. 343).

Auch SMITH und MISIAK 1976 (52, S. 175) zitieren zusammenfassend das Ergebnis einer Reihe von Studien zur FVF "CFF is a sensitive and relatively uncontaminated behavioral measure of central nervous functioning".

Nach Befunden und Erörterungen verschiedener Autoren bestehen Beziehungen der FVF zum Grad der Ermüdung bei geistiger Tätigkeit (9, 51), zum Alter mit einem Maximum in der Altersgruppe 20-25 Jahren (51), und zur Intelligenz (29), wobei im WECHSLER-Intelligenztest für Erwachsene unabhängig vom Alter Handlungstests höhere - jedoch insgesamt nur mittelmäßige Korrelationen - zu der FVF zeigen als Verbaltests (11).

Untersuchungen über die Wirkungsweise von Psychopharmaka betrachten die FVF als relativ empfindliches Instrumentarium, insbesondere für den Nachweis des sedierenden bzw. stimulierenden Einflusses von Substanzen (24, 52).

Die FVF kann interindividuell sehr verschieden sein, beim gleichen Probanden jedoch unter sorgfältig kontrollierten Bedingungen gute Retest-Reliabilitätsergebnisse zeigen (42, 51).

Je nach Meßmethode liegen die in der Literatur bezeichneten Werte zwischen 20 bis 50 Lichtblitzen pro Sekunde (40, S. 420).

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß eine Reihe von experimentellen Einflußgrößen wie die Art der Reizdarbietung, die Lichtverhältnisse im Untersuchungsraum, die Hell-Dunkel-Ratio (Längenverhältnis des Hellreizes zum Dunkelreiz), die Netzhautreizfläche, der Pupillendurchmesser, die Augenfarbe, das psychische Befinden, die Tageszeit etc. die FVF in ihrer Brauchbarkeit als allgemeingültiges, standardisiertes Meßverfahren einschränken können (2, 15, 23, 51, 52).

2.5.1.1.1 Durchführung der FVF-Bestimmung

Die Bestimmung der kritischen FVF erfolgt nach der v. BRACKEN 1953 entwickelten Technik: Der Proband wird etwa eine Minute lang an das Flimmerlicht adaptiert, da das Meßergebnis der FVF von der Frequenz des Adaptionlichtes abhängig ist (53, 54, 55). Danach wird die Frequenz ausgehend von 20 Hz mit einer Geschwindigkeit von 1,5 Hz pro Sekunde erhöht, bis der Proband angibt, das Licht

als nicht mehr flimmernd wahrzunehmen. Anschließend wird von 70 Hz ausgehend die Frequenz mit oben genannter Geschwindigkeit bis zu der Schwelle vermindert, bei der der Proband vorgibt, ein Flimmerlicht zu erkennen.

Die Bestimmung der auf- und absteigenden Flimmerverschmelzungsfrequenz wird je dreimal nacheinander durchgeführt.

Ausgehend von der Annahme, daß auf- und absteigende FVF nicht die gleiche Funktion besitzen (1), sondern die absteigende FVF empfindlicher auf Medikamenten-Änderungen reagiert (26), werden nur die Ergebnisse der absteigenden Reihe in die vorliegende Datenanalyse aufgenommen.

2.5.1.2 Psychomotorische Tests

Merkmale der Motorik bilden ein komplexes System aus sensorischen, zentralen und motorischen Funktionen (57, S. 208), dem nach testpsychologischen Erkenntnissen kein allgemeingültiges System psychomotorischer Fähigkeiten zugrundegelegt werden kann.

Schon die Korrelationen zwischen einzelnen psychomotorischen Tests sind trotz zum Teil recht hoher Reliabilitätskoeffizienten im allgemeinen eher niedrig (39, S. 134).

Faktorenanalytische Studien ergeben demzufolge eine Reihe mehr oder weniger unabhängiger Faktoren motorischer Fähigkeiten (17, 21, 46, S. 318-323).

2.5.1.2.1 Reaktionszeit

Die Reaktionszeit zählt zu den motorischen Leistungen der Visuomotorik (32, S. 58).

Sie wird definiert als die Zeitspanne zwischen dem Auftauchen eines Signals und dem Beginn der darauffolgenden Reaktion eines entsprechend instruierten Probanden (40, S. 430).

Physiologische Korrelate der Reaktionszeit sind in der Hauptsache zentralnervöse Prozesse der Signalerfassung und -erkennung sowie der Bildung und Weiterbearbeitung des motorischen Impulses bzw. bei bereits bestehender hoher Reaktionsbereitschaft, der Freigabe eines mehr oder weniger ausgebildeten Impulses (48, S. 76).

Die Reaktionszeit ist deshalb ein wichtiger Indikator für die Wirkungsweise von Substanzen auf das Konzentrationsvermögen, die Aufmerksamkeitsleistung und die Vigilanz (24, S. 86ff., 14, S. 530).

2.5.1.2.1.1 Einfache Reaktionszeit - Messung

Es wird e i n Signal vorgegeben, auf das eine eindeutig festliegende Reaktion erfolgen soll.

Die in der Literatur angegebenen Werte der Reaktionszeit variieren zwischen 0,1 und 0,3 Sekunden (40, S. 430). Sie sind u.a. abhängig von der Art und der Intensität des Signals. So ergeben Signale aus dem Bereich des Tastsinns und des Gehörs kürzere Reaktionszeiten als optische Signale; zunehmende Intensität des Signals verkürzt ebenfalls die Reaktionszeit (48, S. 77).

In der vorliegenden Untersuchung wird eine Testanordnung gewählt, bei der die Probanden auf ein Tonsignal von 1250 Hz hin mit dem Finger ihrer bevorzugten Hand so schnell wie möglich eine Taste bedienen sollen. Insgesamt werden 28 Tonsignale vorgegeben.

Lange Versuchsreihen sind bei Reaktionszeitmessungen besonders wichtig, um die ziemlich stark variierenden intraindividuellen Meßwerte auszugleichen (40, S. 431).

2.5.1.2.1.2 Komplexe Reaktionszeit - Messung

Die Testanordnung zur Messung der Reaktionszeit läßt sich leicht variieren: Es können mehrere Signale unterschiedlicher Sinnesmodalitäten simultan oder sukzessive angeboten werden, die Reaktionsbewegungen können verändert, die Zuordnung zwischen Signalen und Reaktionen durch definierte Regeln modifiziert werden.

Dabei wird die Reaktionszeit immer unwichtiger. Es gehen vielmehr Faktoren wie Fehleranzahl, Gleichmäßigkeit der Leistung über längere Zeit, Genauigkeit der Reaktion, Motivation etc. in die Leistung ein (40, S. 431).

Größere Komplexität der Reaktionsweise, die zwar einerseits als praktisch bedeutsam erscheint wie beispielsweise in bezug auf Verkehrsverhalten, bereitet andererseits Schwierigkeiten in der Ausdifferenzierung der an der Leistung beteiligten Faktoren (32, S. 58ff.).

Zur Messung der komplexen Reaktionszeit werden die Signale Farbe/Ton verwendet. Die Probanden werden instruiert, so schnell wie möglich eine Taste zu bedienen, wenn eine von zwei möglichen Farben (gelb/rot) mit einem bestimmten Tonsignal (1250 Hz) zusammen erscheint. Insgesamt werden 16 Signale der Kombination Farbe/Ton angeboten.

2.5.1.2.2 Motorische Leistungstests

Die in der Studie verwendete Testbatterie nach SCHOPPE (50) umfaßt die psychomotorischen Tests Umstecken (Peg-board), Tapping (Klopf-test) und Aiming (Zielpunktieren).

Jede dieser Prüfungen erfaßt unterschiedliche Qualitäten psychomotorischen Verhaltens, welche wegen ihrer Sensitivität bevorzugt als Indikatoren therapeutischer Beeinflussung verwendet werden (32, S. 58).

2.5.1.2.2.1 Umstecken

Umstecken stellt einen Test zur Messung motorischer Arm-Hand-Geschicklichkeit dar.

Hierbei sollen 25 auf einer Seite einer Platte steckende, 40 mm lange Stifte möglichst schnell nacheinander in die jeweils gegenüberliegenden Öffnungen dieser Platte sortiert werden. Die Probanden arbeiten mit ihrer rechten Hand zuerst von links nach rechts, danach umgekehrt. Der erste Durchgang wird als Adaptionversuch gewertet, ab dem zweiten Durchgang wird die für das Umstecken benötigte Zeit gemessen.

Da die Probanden ihre Arbeitsgeschwindigkeit selbst bestimmen können, gehen in die Testleistung u.a. in hohem Maße motivationale Faktoren ein. Der Test wird daher auch als empfindliches Instrument medikamentös bedingter Verhaltensänderungen betrachtet (26, S. 252).

2.5.1.2.2.2 Tapping

Tapping, ein Test zur Prüfung der Geschwindigkeit fortlaufender Bewegungen, wird als Maß nicht nur für Koordinationsleistung, sondern auch für den Grad der Ermüdung und der reaktiven Hemmung betrachtet (24, S. 94).

Über zahlreiche Faktoren wie Alter, Geschlecht, Ermüdung, Tageszeit, rechts- bzw. linkshändige Ausführung und Übungseffekte, die die Leistung beeinflussen können, gibt WHIPPLE 1914 (58, S. 130ff.) einen Überblick.

Es wird ein Verfahren verwendet, bei dem die Probanden möglichst häufig mit einem Stift auf die Mitte einer quadratischen Metallplatte klopfen sollen.

Als Zeitbasis dient ein Intervall von 16 Sekunden. Die innerhalb dieser Zeit erlangten Treffer werden durch automatisches Registrieren der ausgelösten Kontakte gezählt.

2.5.1.2.2.3 Aiming

Aiming stellt einen Test zur Messung zielgerechter Bewegungen dar, bei dem es sowohl auf Schnelligkeit als auch auf Genauigkeit ankommt (32, S. 52).

Die Testanordnung sieht vor, daß die Probanden 20 in einer Reihe angeordnete Messingknöpfe (Durchmesser 0,5 cm) möglichst schnell und sicher in der Mitte berühren. Registriert werden: Anzahl der Treffer, Anzahl der Fehler, Fehlerdauer und Gesamtdauer der Testdurchführung.

Methodische Probleme ergeben sich bei diesem Test dadurch, daß mit einer doppelten Instruktion und damit unklaren Motivation zu arbeiten ist: Der Proband soll die Aufgabe möglichst schnell und möglichst genau durchführen. Die Leistungen mehrerer Probanden sind dann jedoch schlecht zu vergleichen, wenn der eine mehr auf Genauigkeit, der andere mehr auf Geschwindigkeit Wert legt. Auch bei demselben Probanden besteht die Möglichkeit, daß die Motivation von einem Versuch zum anderen wechselt (40, S. 427).

Die Testinstruktion wird deshalb dahingehend präzisiert, daß es hauptsächlich auf die Genauigkeit der Testleistung des Probanden ankomme und weniger auf die Schnelligkeit der Testdurchführung.

2.5.1.2.3 Einfluß der Übung auf Höhe und Struktur motorischer Leistungen

Die psychologische Testbatterie wird den Probanden in der vorliegenden Untersuchung mehrfach präsentiert (s.a. 2.6). Daraus ergibt

sich die Notwendigkeit, mögliche Lerneffekte der mehrmaligen Darbietung zu diskutieren.

Die Mehrzahl der publizierten Lernkurven für motorische Lernaufgaben zeigt einen zunächst negativ beschleunigten Verlauf, d.h. der zunächst steile Leistungsanstieg verlangsamt sich, so daß sich die Kurve mehr oder weniger einer Asymptote annähert (48, S. 115). Dabei ist nicht in allen Fällen bereits das endgültige Niveau, sondern, wie schon die Untersuchungen von BRYAN u. HARTER (10, S. 371ff.) zeigen, zunächst ein vorläufiges Plateau erreicht, das als Übergang zu einer höheren Stufe in der Hierarchie des Lernzuwachses betrachtet wird.

Die Korrelation zwischen den anfänglich gezeigten Leistungen und den durch Übungseffekt erreichten Leistungen nehmen dabei fortlaufend ab, gleichzeitig erhöhen sich die korrelativen Zusammenhänge zwischen benachbarten Abschnitten der Übungsphase (40, S. 434).

Faktorenanalytische Untersuchungen (18, 20) zeigen, daß mit zunehmender Übung nicht nur mit einer Leistungsverbesserung, sondern auch mit einer Veränderung der Faktorenstruktur der Leistung zu rechnen ist: Die Bedeutung spezifischer motorischer Faktoren nimmt zu, während der Einfluß nicht-motorischer Funktionen wie beispielsweise verschiedene Aspekte der praktischen Intelligenz immer mehr abnimmt.

Die Änderung von Leistungsstrukturen ist, wie FLEISHMAN (16) beobachtet hat, bereits nach geringer Übungszeit möglich, was bedeuten kann, daß die erste Testhälfte etwas anderes erfaßt als die zweite (40, S. 434).

Ein weiterer Aspekt, der bei mehrmaliger Darbietung von Lernaufgaben zu berücksichtigen ist, betrifft den Einfluß von Pausen auf die Leistung. Allgemein ist mit zwei Möglichkeiten zu rechnen. Entspricht die Pause einem Bedürfnis zum Ausruhen, so ist anzunehmen, daß nach der Pause eine gleichbleibende Leistung oder sogar eine Leistungssteigerung (Reminiszenz) eintreten wird. Wird die Pause

dagegen zu einem beliebigen Zeitpunkt erzwungen, so ist eher mit einer Störung im Lernprozeß zu rechnen (48, S. 121ff.).

HERRMANN 1976 (24, S. 103) untersuchte den Übungseffekt einiger Tests aus der in der Untersuchung verwendeten psychologischen Testbatterie. Er fand innerhalb von 5 Testtagen, denen ein Adaptionsstag vorausging, keinen Lerneffekt für die Reaktionszeit auf Licht, für Tapping einen sehr geringen, für die Flimmerverschmelzungsfrequenz und Umstecken dagegen einen etwas höheren Lernzuwachs.

2.5.1.3 Allgemeine Leistungstests: Der PAULI-Rechentest

Der PAULI-Rechentest wird in der testpsychologischen Literatur den 'allgemeinen Leistungstests' zugerechnet (3).

Die Bezeichnung 'allgemeine Leistungstests' rührt daher, daß ihnen für viele Leistungen notwendige Bedingungen zugrunde liegen wie "psychische Aktiviertheit", "Konzentration", "Aufmerksamkeit", "Beachtung", "Willensanspannung" (3, S. 385).

Historisch gesehen läßt sich die Entwicklung der 'allgemeinen Leistungstests' auf zwei Wurzeln zurückführen. Auf der einen Seite wurden in den achtziger und neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts Änderungen des menschlichen Verhaltens im Zusammenhang mit Fragen der Übung, der Ermüdung und des Einflusses von Pharmaka auf die Leistung in experimentalpsychologischen Untersuchungen überprüft; andererseits standen vor allem individualpsychologische Interessen im Vordergrund, besonders die Überlegung, daß auch bei kürzeren Untersuchungen konstante Eigenschaften des Individuums zum Ausdruck kommen müßten (3, S. 386ff.).

Der PAULI-Rechentest hat innerhalb der 'allgemeinen Leistungstests' die längste Geschichte. Er geht auf die Schule des Psychiaters E. KRAEPELIN zurück und hat in seinen Anfängen eine Reihe von Veränderungen erfahren, insbesondere mit dem Ziel, ein standardisier-

tes, valides Verfahren zu schaffen (3, S. 387ff.).

In der Form nach R. PAULI (45) wird von dem Probanden gefordert, daß er über eine Stunde hinweg möglichst schnell und präzise einstellige Zahlen addiert und das Ergebnis ohne Berücksichtigung der Zehnerstellen niederschreibt.

Als Maß für die Leistung kommen vor allem in Frage die Gesamtmenge der Additionen, die Prozentsätze von Fehlern und Verbesserungen und darüberhinaus auch durchschnittliche Schwankungen der Arbeitskurve, Teilzeitleistungen, Kurvenamplitude und Lage des Kurvengipfelpunktes (3, S. 388).

Faktorenanalytische Untersuchungen zur Validität des PAULI-Rechentests ergeben einen Tempo- und Mengenfaktor, der leicht positiv mit der Menge oder der Schnelligkeit in verschiedenen Intelligenz- und Leistungstests korreliert und von BARTENWERFER (3, S. 403) als "anhaltende Konzentration bei geistiger Tempoarbeit" interpretiert wird, wobei unter "Konzentration" eine "angespannte, nicht abgelenkte Zuwendung zur Aufgabenbearbeitung" zu verstehen ist (3, S. 403).

Weitere faktorenanalytische Ergebnisse beziehen sich auf die Fehlerleistungen, wobei zwei Tendenzen der Fehlervermeidung festzustellen sind: Eine sogenannte pedantische Form, bei der die Bemühungen um Präzision mit einer niedrigen Gesamtleistung verbunden sind und eine sogenannte aufmerksame Form, bei welcher trotz hoher Arbeitsgeschwindigkeit eine Fehlervermeidung möglich ist (3, S. 404).

Von besonderer Bedeutung sind bei 'allgemeinen Leistungstests' die motivationalen Bedingungen. So könnte bei schwach motivierender Instruktion mit der Gesamtmenge im PAULI-Test eher die Leistungseinstellung des Probanden zur Untersuchungssituation geprüft werden, bei hochmotivierter Testbereitschaft dagegen mehr die Konzentrationsleistung (3, S. 404).

Es ist deshalb gerade für den Bereich der Aufmerksamkeitstests

wichtig, genaue Standardbedingungen festzulegen, etwa durch eine maximal motivierende Instruktion, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten (39, S. 132).

Auf die Brauchbarkeit 'allgemeiner Leistungstests' als Indikatoren zum Nachweis ZNS-aktiver Substanzen weisen HERRMANN 1976 (24, S. 90ff.) und JANKE 1977 (32, S. 34ff.) hin.

2.5.1.3.1 Durchführung des PAULI-Tests 'Einfache Addition'

Der in der vorliegenden Studie verwendete PAULI-Test stellt ein automatisiertes Verfahren aus der Leistungsserie von SCHOPPE (50) dar.

Es sind einfache Additionsaufgaben zu lösen. In zwei erhellten Sichtfenstern erscheinen zwei Ziffern zwischen 1 und 9. Der Proband hat das Ergebnis der Addition durch Drücken einer Taste mit dem korrekten Zahlensymbol einzugeben. Daraufhin erscheint die nächste Aufgabe.

Während 10 Zeitabschnitten von jeweils 30 Sekunden wird die Anzahl der gestellten und der richtig gelösten Aufgaben automatisch festgehalten. Jedes Zeitintervall wird getrennt aufgezeichnet und analysiert, um Informationen über den Zusammenhang zwischen Leistungshöhe und Durchführungszeit in jeder 5-Minuten-Sequenz zu erhalten. Die Leistung wird schließlich als relativer Wert bestimmt aus der Gesamtzahl der gelösten Aufgaben, dem Prozentsatz der richtigen Antworten und der Anzahl der Korrekturen.

Dabei ist von der Annahme auszugehen, daß bei wenig Korrekturen eine gute Messung für die Leistung erreicht wird, wenn die Gesamtanzahl der Aufgaben mit der Zahl der richtigen Antworten multipliziert und das Ergebnis durch 100 dividiert wird (24, S. 102).

2.5.1.3.2 Durchführung des PAULI-Tests 'Addition plus Erinnerungsschritt'

Hierbei wird zu dem vorstehend beschriebenen Verfahren ein Gedächtnisschritt hinzugefügt.

Ein Sichtfenster wird verdunkelt und der Proband soll die dort zuletzt erscheinende Ziffer im Gedächtnis behalten, um mit ihr die nächste Additionsaufgabe zu lösen. Falls der Proband die Zahl vergißt, besteht die Möglichkeit, eine Erinnerungstaste zu bedienen, die die Zahl im oberen Fenster erscheinen läßt.

Zeitdauer und Art der Datenerfassung entspricht dem unter 2.5.1.3.1 genannten Verfahren.

In beiden PAULI-Test-Versionen weist die Instruktion den Probanden daraufhin, möglichst schnell und präzise zu arbeiten, die größte Sorgfalt jedoch auf die Präzision zu verwenden.

2.5.1.3.3 Einfluß der Übung auf den PAULI-Rechentest

HERRMANN u. Mitarb. 1976 (24, S. 103ff.) untersuchten über 5 Testtage hinweg den Lerneffekt auf die Leistungen im PAULI-Rechentest, einmal mit der Instruktion nach 2.5.1.3.2 und einmal mit einer etwas modifizierten, jedoch schwierigen Version (24, S. 102). Sie fanden einen ausgesprochen deutlichen Lerneffekt, der selbst am letzten Testtag noch kein entgültiges Niveau erreicht hatte. Insgesamt wurde am 5. Testtag eine 175-prozentige Steigerung im Vergleich zum 1. Testtag ermittelt. Der unter Placebo-Bedingungen erzielte Lernzuwachs ist am 1. Testtag höher als an den folgenden 4 Testtagen.

Bei dreimaliger Testdarbietung innerhalb eines Tages - ebenfalls unter Placebo-Bedingungen - erfolgte die höchste Lernsteigerung während der ersten Darbietung.

Im t-Test-Vergleich vor Medikamenteneinnahme mit einer bzw. drei

Stunden danach erfolgten Medikamenteneinnahme ergeben sich ebenfalls klare Lerneffekte innerhalb eines Tages und hier insbesondere in den ersten Zeitabschnitten einer Testdarbietung (24, S. 103ff.).

2.6 Testablauf

Die Probanden kamen in wöchentlichen Abständen zwischen 8.00 und 9.00 in das Laboratorium.

Vor Medikamentengabe (Prae-Zeit) sowie eine Stunde (1h post) und drei Stunden (3h post) nach Medikamenteneinnahme erfolgten jeweils analoge Prüfungen, die folgende Schritte umfaßten:

1. EEG-Ableitung:

Nach den ersten fünf Minuten EEG-Aufnahme unter Relaxing-Recording-Bedingungen (2.4) erfolgte über weitere fünf Minuten die Darbietung akustischer Signale zur Aufzeichnung der dadurch evozierten Potentiale (AEP) (28).

2. Selbsteinschätzungsskalen:

Anhand einer Pharmakoreagiblen-Selbstbeurteilungsskala (PRS) sollten die Probanden innerhalb von 10-15 Minuten ihr momentanes physisches und psychisches Befinden einschätzen.

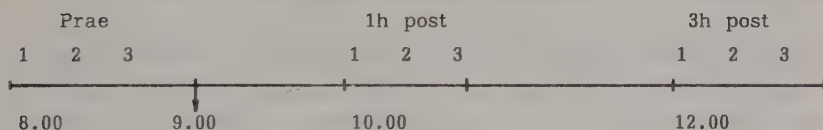
3. Psychoexperimentelle Testbatterie:

Die nachstehenden, in 2.5 ausführlich charakterisierten Tests, wurden mit der jeweils angegebenen Testdauer in folgender Reihenfolge durchgeführt:

Tab. 1: Reihenfolge der psychologischen Testdurchführung

Test	Dauer
1. Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF), 3 x auf und ab [Hz]	ca. 4 Min.
2. Einfache Reaktionszeit auf Ton (RT), 28 Signale [s]	ca. 3 Min.
3. PAULI-Rechentest 'Einfache Addition' (PL) [f]	5 Min.
4. Umstecken (UM), 2-malige Durchführung [s]	ca. 2 Min.
5. Komplexe Reaktionszeit Farbe/Ton, 16 Signale [s]	ca. 3 Min.
6. PAULI-Rechentest 'Addition plus Erinnerungsschritt' [f]	5 Min.
7. Aiming, 2-malige Durchführung [s]	ca. 1 Min.
8. Tapping, Zeitbasis 16 Sekunden [f]	ca. 1 Min.

Der Ablauf eines Testtages sah wie folgt aus:



- 1 = EEG-Aufnahme
- 2 = Selbsteinschätzungsskalen
- 3 = psychoexperimentelle Testbatterie
- ↓ = Medikamenteneinnahme

3. METHODIK DER DATENANALYSE

"Datenanalyse ist die systematische Suche nach aufschlußreichen Informationen über Erscheinungen, Strukturen und Vorgänge anhand von Datenkörpern und graphischen, mathematischen sowie insbesondere statistischen Verfahren ohne oder mit Wahrscheinlichkeitskonzept ..." (49, S. 5).

3.1 Überblick über bisherige Ergebnisse mit den vorliegenden Daten

In Untersuchungen zu vergleichbarem Datenmaterial kamen t-Test-Vergleiche (26), diskriminanzanalytische Verfahren (27) sowie korrelations- (5, 56) und faktorenanalytische Methoden (44) zur Anwendung.

Im t-Test-Vergleich für korrelierende Stichproben sollten Paardifferenzen zwischen Plazebo- und Psychopharmakon-Wirkung bezüglich psychologischer Leistungstest-Parameter betrachtet werden.

Mittels Diskriminanzanalyse sollte eine objektive elektroenzephalographische Klassifizierung von Psychopharmaka geleistet und die Reklassifizierung u.a. auf testpsychologischer Meßebene durchgeführt werden.

Die korrelations- und faktorenanalytischen Verfahrensweisen hatten zum Ziel, auf quantitativer Ebene die Interkorrelationen und Strukturen von EEG-spezifischen - und psychologischen Leistungstests - Parametern zu erfassen.

3.2 Ziel der Datenanalyse

Ziel der vorliegenden Datenanalyse ist es, simultan das Beziehungsgeflecht von EEG-Daten und psychologischen Leistungstest-Parametern zu untersuchen ohne die Festlegung einer der betrachteten Variablen als Zielvariable, wie es beispielsweise in der Regressionsrechnung der Fall ist, sowie ohne die Ermittlung latenter Merkmalsstrukturen wie in den faktoren- und clusteranalytischen Verfahren.

Es soll vielmehr unter Ausschöpfung maximaler Dateninformation ein Verfahren angewendet werden, das in der Lage ist, manifeste und komplexe Merkmalszusammenhänge zu erfassen ohne auf dimensionale Bezugssysteme beschränkt zu sein.

Diese Bedingungen werden von der Konfigurationsfrequenzanalyse (KFA) von J. KRAUTH & G.A. LIENERT 1973 (33) hinreichend erfüllt. Die Methode soll im folgenden dargestellt werden.

3.3 Die Konfigurationsfrequenzanalyse (KFA)

Die KFA ist ein multidimensionales, nicht-parametrisches Klassifikationsverfahren für Ein- und Mehrstichproben, das einerseits Kriterien formuliert, nach denen die Existenz eines hypothetischen Syndroms¹ zu beurteilen ist und andererseits ein Verfahren angibt, um die Anzahl von Syndromen innerhalb einer bestimmten Population von Merkmalsträgern und innerhalb eines bestimmten Pools von Merkmalen aufzufinden (33, S. 12).

Die KFA beginnt, wie jede Posthoc-Klassifikation, mit einer Datenmatrix mit t-Merkmalen als Zeilen und N-Individuen als Spalten, deren Felder binäre Werte (0;1 oder +;-) enthalten sollen, aber nicht müssen, da eine Verallgemeinerung der KFA auf mehr als zwei Stufen möglich ist.

Die von den t-binären Merkmalen gebildeten Muster, auch Konfigurationen genannt, werden auf die 2^t möglichen Konfigurationen verteilt. Bei drei Merkmalen ergeben sich beispielsweise $2^3 = 8$ Konfigurationen. Jeder Konfiguration wird die jeweils beobachtete Häufigkeit (f) zugeordnet und diese mit ihrer Erwartungswertschätzung (e) unter der Nullhypothese der t-Merkmale verglichen (33, S. 35).

Der Signifikanztest erfolgt mit der χ^2 -Komponente als Kriterium dafür, ob eine beobachtete Frequenz von ihrem Erwartungswert unter der Nullhypothese der totalen Unabhängigkeit der Merkmale abweicht. Die χ^2 -Komponente wird nach einer zuvor vereinbarten Schranke für eine bestimmte Anzahl von Freiheitsgraden ($df = 2^t - t - 1$) berechnet. Überschreitet das beobachtete χ^2 die für die jeweilige Anzahl von Freiheitsgraden berechnete χ^2 -Schranke, so vermutet man einen Zusammenhang zwischen den Merkmalen und verwirft die Nullhypothese der totalen Unabhängigkeit der Merkmale zugunsten der Alternativhypothese.

¹ Ein Syndrom liegt vor, wenn die das Syndrom konstituierende Merkmalskonfiguration überzufällig häufiger auftritt als unter der Nullhypothese der totalen Unabhängigkeit der Einzelsymptome zu erwarten wäre (33, S. 44).

Syndrome sollen folglich nicht dadurch definiert sein, daß bestimmte Merkmalskonfigurationen häufiger als andere auftreten - wie in der intuitiven Typenkonzeption impliziert - sondern dadurch, daß sie häufiger auftreten als aufgrund der Einzelmerkmale unter der Nullhypothese ihrer totalen Unabhängigkeit zu erwarten ist (33, S. 31).

Den methodischen Vorteilen der KFA als Posthoc-Klassifikation stehen auch einige Einschränkungen gegenüber (33, S. 35ff.):

- Eine Klassifikation über die KFA kommt insbesondere dann in Frage, wenn einer kleinen Anzahl zu klassifizierender Merkmale eine möglichst große Zahl von Merkmalsträgern gegenübersteht, um niedrige Erwartungswertschätzungen zu vermeiden. Die Anzahl der Probanden sollte größer als 5×2^t (t = Anzahl der Merkmale) gewählt werden, um Erwartungswertschätzungen zu erhalten, die 5 überschreiten.
- Die Merkmale einer KFA sollten bereits vorher als typologisch relevant bekannt sein, da durch irrelevante Merkmale die Existenz von Syndromen verschleiert werden kann.
- Die Merkmale einer KFA sollten genügend reliabel sein, da ansonsten die Syndrome bei wiederholter Merkmalsbeurteilung durch andere Beurteiler oder bei Beurteilung anderer Stichproben von Individuen durch dieselben Beurteiler möglicherweise nicht zu vergleichen sind.
- Schließlich ist eine Verallgemeinerung der KFA auf zahlreiche dichotom oder polychotom beurteilte Merkmale nur unter Benutzung elektronischer Datenverarbeitungsanlagen großer Speicherkapazität möglich.

3.3.1 Die hierarchische Konfigurationsfrequenzanalyse

Das Auffinden bzw. der Nachweis von Syndromen kann auf verschiedenen Wegen erfolgen.

Es soll im folgenden nur die Variante der KFA ausführlich dargestellt werden, die in der vorliegenden Datenanalyse Verwendung findet. Zur Information weiterer Verfahren siehe KRAUTH & LIENERT

1973 (33).

Die Anwendungsmöglichkeit einer KFA ist in der Praxis oft dadurch begrenzt, daß für wenige Merkmale bereits viele Merkmalsträger benötigt werden (s. 3.3). Bei gegebener Anzahl von Merkmalsträgern stellt sich daher die Frage, wie man am besten die Zahl der Merkmale reduziert, ohne allzuviel an Information zu verlieren. In diesem Falle bietet sich die Anwendung der hierarchischen KFA an, ein Verfahren, das es erlaubt, entweder die Anzahl der Merkmale zu reduzieren, wenn die Zahl der Merkmalsträger zu klein ist oder unabhängig von der Anzahl der Merkmalsträger, jene Merkmale zu eliminieren, die nichts oder nur wenig zur Syndromkonstituierung beitragen.

Dabei werden von der Ausgangs-KFA die Merkmale schrittweise um je eines vermindert und mit der so hierarchisch reduzierten Zahl der binären Variablen insgesamt $2^t - t - 1$ einfache Konfigurationsfrequenzanalysen durchgeführt (33, S. 54). Innerhalb der einzelnen Konfigurationsfrequenzanalysen der hierarchischen KFA sollte man sich dann für diejenige Einzel-KFA entscheiden, die den höchsten z-Wert ergibt (33, S. 55).

Liegen mehrere im deskriptiven Sinne 'hochsignifikante' Einzel-KFAn vor, so kann man eine Anordnung unter Berücksichtigung ihrer Freiheitsgrade (Fge) durchführen, indem eine Normalapproximation verwendet wird (33, S. 54ff.):

1. Für mehr als 25 Freiheitsgrade (Fge), d.h. für KFAn mit $t \geq 5$ Merkmalen und Gesamt- χ^2 -Werten mit Fge, die mindestens $2^5 - 5 - 1 = 26$ betragen, verwendet man die FISHER-Approximation, wonach

$$z = \sqrt{2 \chi^2} - \sqrt{2 \text{ Fge} - 1}$$

asymptotisch normalverteilt ist mit $\mu = 0$ und $\sigma = 1$.

2. Für Freiheitsgrade = oder < 25 gilt die WILSON-HILFERTY-Approximation, wonach

$$z = (\sqrt[3]{\chi^2 / F_{ge}} - (1 - 2/9 F_{ge})) / \sqrt{2/9 F_{ge}}$$

asymptotisch normalverteilt mit $\mu = 0$ und $\sigma = 1$.

3. Für 1 Freiheitsgrad kann man die bekannte Beziehung verwenden:

$$|z| = \sqrt{\chi^2}$$

In diesem Fall ist noch eine zusätzliche Umnormierung auf einseitige z-Werte angebracht mit Hilfe einer Tabelle der kumulativen Standardnormalverteilung.

Mittels der z-Approximation lassen sich die $2^t - t - 1$ Gesamt- χ^2 -Werte einer komplett-hierarchischen KFA miteinander vergleichen, und es kann eine Entscheidung für die Interpretation derjenigen Einzel-KFA einer hierarchischen KFA getroffen werden, die den höchsten z-Wert liefert (33, S. 55).

KRAUTH & LIENERT 1973 (33, S. 68) weisen ausdrücklich daraufhin, daß die hierarchische KFA ein heuristisches Verfahren darstellt. LEHMACHER (36, S. 150) beschreibt dieses Verfahren als eine explorative Datenanalyse, "die deskriptiv und hypothesengenerierend eingesetzt werden kann ...", wobei die ermittelten Hypothesen als Arbeitshypothesen zu verstehen sind, gegen die, in einem zweiten, unabhängigen Datensatz, wenige, gezielte Signifikanztests durchgeführt werden.

Eine stark operationalisierte Darstellung der explorativen Datenanalyse verwenden ZENTGRAF & NOWAK (59, S. 55). Sie verstehen darunter das "Bearbeiten, Zusammenfassen, Darstellen" von Daten und setzen der explorativen Datenanalyse die konfirmatorische Datenanalyse (confirmatory data analysis, CDA) oder Inferenzstatistik gegenüber, die sie folgendermaßen definieren: "Unter CDA versteht man die Beurteilung von Daten, die aufgrund eines Versuchsplans gewonnen

wurden mit dem Ziel, Aussagen innerhalb eines Modells unter Vorgabe von Irrtumswahrscheinlichkeiten zu treffen" (59, S. 55).

Der wesentliche Unterschied zur explorativen Datenanalyse ist folglich in der Vorgabe von Irrtumswahrscheinlichkeiten zu sehen, ohne die eine inferenzstatistische Vorgehensweise nicht durchführbar ist.

Es besteht natürlich auch die Möglichkeit, eine hierarchische KFA inferentiell auszuwerten; doch ist der praktische Nutzen dieses Verfahrens meist gering, da nur sehr extreme Inhomogenitäten des Datenmaterials nachgewiesen werden können. So erhält man beispielsweise für $t = 5$ zweistufig klassifizierte Merkmale auf dem 5%-Signifikanzniveau ein adjustiertes $\alpha^{*1} = \alpha/r$, wobei $r = 3^t - 2^t - 1$ und $\alpha = 0,05$, von $0,05/206 = 0,00024$.

KRAUTH & LIENERT 1973 (33, S. 72) schlagen daher vor, zunächst eine heuristische komplett-hierarchische KFA durchzuführen und die so gefundenen Konfigurationen zur Grundlage weniger, gezielter Hypothesen zu verwenden, die dann inferenzstatistisch beispielsweise anhand simultaner Binomialtests (34) an neuem Beobachtungsmaterial zu überprüfen sind.

Als Alternative zu den simultanen Binomialtests schlägt LEHMACHER 1981 (36) finite und asymptotische Tests vor, die sich aus der verallgemeinerten hypergeometrischen Verteilung einer Zellfrequenz herleiten. Diese Tests sollen im Vergleich zu den konservativen Binomialtests zu wesentlich schärferen Entscheidungen führen.

3.3.2 Demonstrationsbeispiel für eine KFA

Zur Veranschaulichung des methodischen und rechnerischen Hintergrundes der Konfigurationsfrequenzanalyse (s.a. 33, S. 25ff.) soll ein auf drei Variablen reduziertes Beispiel mit Daten der Prae-Zeit herausgegriffen werden.

¹ alpha: Irrtumswahrscheinlichkeit, Risiko I, die kleine Wahrscheinlichkeit, eine gültige Nullhypothese abzulehnen.

Tab. 2: Konfigurationsfrequenzen Prae-Zeit, 3 Variablen

1 PAULI- Test	2 FVF	3 α^F	4 f_{ijk}	5 $e_{ijk(1)}$	6 $\chi^2_{ijk} = (f-e)^2/e$
-	-	-	48	28,774	12,846
-	-	+	34	42,202	1,594
-	+	-	26	28,388	0,201
-	+	+	33	41,636	1,791
+	-	-	22	31,631	2,933
+	-	+	45	46,392	0,042
+	+	-	24	31,207	1,664
+	+	+	64	45,770	7,261
Gesamt- $\chi^2 = 28,332$ bei $2^3 - 3 - 1 = 4$ Fge					

Spalte 1 = Stufen des Merkmals PAULI-Test 'Einfache Addition'
 (-) = Merkmalsausprägung kleiner als der Mittelwert
 (+) = Merkmalsausprägung größer als der Mittelwert

Spalte 2 = Stufen des Merkmals 'Flimmerverschmelzungsfrequenz'(FVF)
 (-) = Merkmalsausprägung kleiner als der Mittelwert
 (+) = Merkmalsausprägung größer als der Mittelwert

Spalte 3 = Stufen des EEG-Merkmals α^F
 (-) = Merkmalsausprägung kleiner als der Mittelwert
 (+) = Merkmalsausprägung größer als der Mittelwert

Spalte 4 = empirische Zellhäufigkeiten

Spalte 5 = rückgerechnete erwartete Zellhäufigkeiten

Spalte 6 = χ^2 -Werte

Unter der Nullhypothese der totalen Unabhängigkeit der drei Merkmale ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß ein Proband die Konfiguration (i, j, k) aufweist, gegeben durch

$$(1) \quad \pi_{ijk} = \pi_{i..} \cdot \pi_{.j.} \cdot \pi_{..k},$$

wobei $\pi_{i..}$ die Populationswahrscheinlichkeit für das Auftreten

¹ Werte nach Original-Computer-Daten auf drei Stellen hinter dem Komma genau.

des Merkmals PAULI-Test in der Ausprägung i bezeichnet und die beiden übrigen Symbole analog für FVF und α^F definiert sind.

Da die Populationswahrscheinlichkeiten in dem Beispiel nicht bekannt sind, werden sie geschätzt durch die Stichprobenanteile $\hat{p}_{i..}$, $\hat{p}_{.j.}$, $\hat{p}_{..k}$, wobei gilt:

$$(2) \quad \hat{p}_{ijk} = \hat{p}_{i..} \cdot \hat{p}_{.j.} \cdot \hat{p}_{..k}$$

Als Schätzung e_{ijk} für den Erwartungswert der Frequenzen f_{ijk} erhält man unter der Nullhypothese der totalen Unabhängigkeit der $t=3$ Merkmale

$$(3) \quad e_{ijk} = N \cdot \hat{p}_{ijk} = N \cdot \hat{p}_{i..} \cdot \hat{p}_{.j.} \cdot \hat{p}_{..k}$$

Definiert man die Stichprobenanteile durch die eindimensionalen Randsummen der 3-dimensionalen Kontingenztafel mit

$$(4) \quad \hat{p}_{i..} = f_{i..}/N; \hat{p}_{.j.} = f_{.j.}/N; \hat{p}_{..k} = f_{..k}/N,$$

wobei $f_{i..}$ die beobachtete Frequenz für die über dem Mittelwert liegende Ausprägung ($f_{+..}$) oder für die unterhalb des Mittelwertes liegende Ausprägung ($f_{-..}$) des Merkmals PAULI-Test bedeutet und die übrigen Randsummen analog definiert sind,

so erhält man für die Erwartungswertschätzung:

$$(5) \quad e_{ijk} = f_{i..} \cdot f_{.j.} \cdot f_{..k} / N^2$$

Auf das Beispiel angewandt, ergibt sich bspw. für die Konfiguration PAULI-Test (-), FVF (-), $\alpha^F(-)$ eine Erwartungswertschätzung von

$$(a) \quad e_{---} = 141 \times 149 \times 120 / 296^2 = 28,774;$$

denn die zugehörigen Randsummen betragen:

$$f_{-..} = 48 + 34 + 26 + 33 = 141$$

$$f_{.-.} = 48 + 34 + 22 + 45 = 149$$

$$f_{..-} = 48 + 26 + 22 + 24 = 120$$

Für die Konfiguration PAULI-Test (+), FVF (+), α^F (+) ergibt sich bspw. entsprechend:

$$(b) \quad e_{+++} = 155 \times 147 \times 176 / 296^2 \approx 45,770;$$

denn die zugehörigen Randsummen betragen:

$$f_{+..} = 22 + 45 + 24 + 64 = 155$$

$$f_{.+.} = 26 + 33 + 24 + 64 = 147$$

$$f_{..+} = 34 + 33 + 45 + 64 = 176$$

Als Kriterium dafür, ob eine beobachtete Frequenz (f_{ijk}) von ihrem Erwartungswert unter der Nullhypothese abweicht, dient die χ^2 -Komponente:

$$(6) \quad \chi^2 = (f_{ijk} - e_{ijk})^2 / e_{ijk}$$

Auf die Beispiele angewandt ergibt sich entsprechend:

$$(a) \quad \chi^2(---) = (48-28,774)^2 / 28,774 = 12,846$$

$$(b) \quad \chi^2(+++) = (64-45,770)^2 / 45,770 = 7,261$$

ad (a) Da die χ^2 -Schranke bei $1Fg = 10,83$ (s. Tab. 28 in 49, S. 112) überschritten wird, ist die Merkmalskonfiguration (---) als deskriptiv hochsignifikant überfrequentiert ($f_{ijk} > e_{ijk}$) und somit als Konfigurationstyp (33, S. 26) auf dem 0,1% Signifikanzniveau zu bewerten.

Unterfrequentierte Merkmalskonfigurationen ($f_{ijk} < e_{ijk}$) werden entsprechend als Konfigurationsantitypen bezeichnet (33, S. 26).

ad (b) Die Konfiguration (+++) ist im deskriptiven Sinne als signifikant überfrequentiert auf dem 1% Signifikanzniveau und damit als Konfigurationstyp zu betrachten (33, S. 26), da die Schranke χ^2 bei 1Fg = 6,63 überschritten und $f_{ijk} > e_{ijk}$ ist.

Als Test für die klassifikatorische Wirksamkeit der KFA soll die Summe aller χ^2 -Komponenten

$$(7) \text{ Gesamt-}\chi^2 = \sum (f_{ijk} - e_{ijk})^2 / e_{ijk}$$

berechnet und bei t-Alternativmerkmalen nach $2^t - t - 1$ Freiheitsgraden beurteilt werden.

In unserem Beispiel ergibt die Summe aller acht χ^2 -Komponenten

$$\chi^2_{\dots} = \chi^2 (\text{PAULI-Test, FVF, } \alpha^F) = 28,332$$

und überschreitet die 0,1%-Schranke von 18,47 für 4 Fge, so daß die Existenz von Konfigurationsklassen angenommen werden kann, da die Summe aller χ^2 -Komponenten ein Maß darstellt für die Güte der Anpassung der beobachteten an die bei totaler Unabhängigkeit der drei Merkmale erwartete Konfigurationsverteilung (33, S. 29).

Die Nullhypothesen der totalen Unabhängigkeit

$$H_{0(a)} : \pi_{---} = \pi_{-..} \pi_{.-.} \pi_{..-}$$

$$H_{0(b)} : \pi_{+++} = \pi_{+..} \pi_{.+} \pi_{..+}$$

sind zugunsten der Alternativhypothesen

$$H_{1(a)} : \pi_{---} \neq \pi_{-..} \pi_{.-.} \pi_{..-}$$

$$H_{1(b)} : \pi_{+++} \neq \pi_{+..} \pi_{.+} \pi_{..+}$$

zu verwerfen.

3.4 Anwendung der hierarchischen KFA auf das Datenmaterial

Die hierarchische KFA ist wegen ihres großen Rechenaufwandes nur über elektronische Datenverarbeitung durchzuführen. Dafür steht ein auf sechs Dimensionen beschränktes FORTRAN-Programm für Ein- und Mehrstichproben-KFA zur Verfügung (47).

Da der ursprünglich in der Datenerhebung verwendeten Variablenzahl aus EEG-Parametern und psychologischen Leistungstestvariablen weder die geforderte Anzahl von Merkmalsträgern (vgl. 3.3) noch das erforderliche EDV-Programm von mehr als sechs Dimensionen gegenüberstehen, muß eine Variablenreduktion vorgenommen werden.

3.4.1 Darstellung der Zielvariablen für die KFA

Grundlage der Datenanalyse mittels Konfigurationsfrequenzanalyse bilden die über alle Zeiten (Prae, 1h post, 3h post) und alle Behandlungen (Neuroleptika, Anxiolytika, Antidepressiva, Psychostimulantia und Plazebos) errechneten Mittelwerte einer Variablenselektion aus EEG- und psychologischen Leistungsparametern aus den vier Basisprüfungen.

3.4.1.1 EEG-Daten

Über Filterung (Hochpaß 1,5 Hz und Tiefpaß 30,0 Hz) sowie Digitalisierung mit 100 Hz sollen die vielen Werte aus den EEG-Aufzeichnungen eines Probanden in eine begrenzte Anzahl von Werten eines zweidimensionalen Koordinatensystems transformiert werden. Die fünfminütigen EEG-Aufzeichnungen werden in 30 Epochen zu 10 Sekunden eingeteilt. Für jede der 10 Sekunden Epochen wird das Powerspektrum geschätzt, das die Leistungen zu einer gegebenen Frequenzklasse in Anzahl der Frequenzen und deren Amplituden angibt. Die relative Power wird als Prozentwert der Gesamt-Power berechnet

(27, S. 48ff.).

Die Mittelwerte werden aus den 30 Epochen für jedes Frequenzband gebildet.

Folgende aufgrund faktorenanalytischer Struktur definierten Frequenzbandeinteilungen werden verwendet:

$$\begin{aligned}\delta^F &= 1,5-5,5 \text{ Hz} \\ \nu^F &= 5,5-8,5 \text{ Hz} \\ \alpha_1^F &= 8,5-10,0 \text{ Hz} \\ \alpha_2^F &= 10,5-12,0 \text{ Hz} \\ \beta_1^F &= 12,0-18,0 \text{ Hz} \\ \beta_3^F &= 21,0-30,0 \text{ Hz}\end{aligned}$$

Um Abhängigkeiten im Variablen-Ausgangsmaterial für die KFA zu vermeiden, wie sie durch die relativen Powerspektralberechnungen zustande kommen, wird nur die EEG-Variable α^F (Tab. 3), die im Vergleich zu β^F und δ^F , ν^F (vgl. Tab. 4) den höchsten relativen Poweranteil und den größten Varianzanteil enthält, als Vertreter der EEG-Variablen in die vorliegende Datenanalyse aufgenommen. Bei α -Trägern kann der okzipitale α -Anteil approximativ als Maß des elektro-physiologisch definierten Vigilätstonus angesehen werden.

Tab. 3: Mittelwert der EEG-Variablen α^F

EEG-Merkmal	Frequenzbereich	Mittelwert (relat. Power in %)
$\alpha^F = (\alpha_1^F + \alpha_2^F)$	8,5 - 12,0 Hz	47,6%

Die Frequenzbänder α_1^F und α_2^F werden zu dem Frequenzband $\alpha^F = 8,5-12,0$ Hz zusammengefaßt, da in der Stichprobe Probanden mit langsamer und schneller dominanter α -Frequenz vorkommen.

Tab. 4: Mittelwerte der EEG-Variablen δ , θ^F und β^F ¹⁾

EEG-Merkmal	Frequenzbereich	Mittelwert (relat. Power in %)
$\delta, \theta^F = (\delta^F + \theta^F)$	1,5- 8,5 Hz	35,1%
$\beta^F = (\beta_1^F + \beta_3^F)$	12,0-30,0 Hz ¹	14,4%

3.4.1.2 Psychologische Leistungstestdaten

Aus methodischen Erwägungen wird auch aus der ursprünglich durchgeführten psychologischen Leistungstestbatterie (s. 2.5.ff.) eine Variablen-Selektion vorgenommen, die vor allem die psychomotorischen Leistungstests betrifft. 'Umstecken' wird als repräsentativer psychomotorischer Test ausgewählt, insbesondere im Hinblick auf die geringere muskuläre Ermüdung, die dieser Test im Vergleich zu den Tests 'Tapping' und 'Aiming' hervorruft.

Die Mittelwerte der in Tabelle 5 aufgeführten psychologischen Leistungstest-Variablen gehen als Ausgangsdaten in die Berechnung der hierarchischen KFA ein.

Tab. 5: Mittelwerte der psychologischen Leistungstestdaten

Variable	Mittelwert
Umstecken (UM)	36,7 Sekunden [s]
PAULI-Test 'Einfache Addition' (PL)	23,1 Aufgaben
Reaktionszeit auf Ton (RT)	0,24 Sekunden [s]
Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF)	42,3 Hertz [Hz]

¹ Da sich im mittleren β_2^F -Bereich ($\beta_2^F = 18-21$ Hz) kein eigenständiger Faktor ermitteln läßt, wird für statistische Berechnungen das untere β_1^F -Band bis 18 Hz und das obere β_3^F -Band ab 21 Hz bevorzugt (25).

3.4.2 Durchführung der Datenanalyse

Die Mittelwerte der EEG-Variablen α^F und der psychologischen Leistungstest-Variablen (UM, PL, RT, FVF) werden als Kriterium zur Dichotomisierung des Datenmaterials verwendet.

Jede der fünf Variablen kann folglich in zwei Ausprägungen (größer bzw. kleiner als der Mittelwert) auftreten. Diese binäre Merkmalsausprägung der Variablen bildet mit den dazugehörigen beobachteten Häufigkeiten die Grundlage für die Berechnung der hierarchischen KFA.

Wie in Abschnitt 3.3.1 ausgeführt, richtet sich die Anzahl der Einzel-KFAn der hierarchischen KFA nach der Zahl der vorhandenen Variablen und folgt der Beziehung $2^t - t - 1$; (t = Anzahl der Variablen).

In der vorliegenden Berechnung bedeutet dies, daß bei einer Anzahl von $t = 5$ Variablen insgesamt $2^5 - 5 - 1 = 26$ hierarchische Einzel-KFAn über EDV durchzuführen sind.

Die hierarchische KFA wird für folgende Merkmalskombination über die Prae-Zeit berechnet:

α^F ¹	UM	PL	RT	FVF
-------------------------	----	----	----	-----

Um der Forderung der KFA nach möglichst hoher Anzahl von Merkmalsträgern annähernd gerecht zu werden (s. 3.3), werden nur die aus der Prae-Zeit gewonnenen Daten der EEG-Powerspektralanteile sowie der psychologischen Leistungstests zur Analyse mittels hierarchischer KFA herangezogen.

Diese Prae-Zeit-Testung ergibt insgesamt 296 Merkmalsträger², während für die einzelnen Psychopharmakonbehandlungen 1 h und 3 h post jeweils nur zwischen 50-60 Merkmalsträger ermittelt werden können, eine, selbst für die heuristische KFA, zu kleine Stichprobe.

¹ $\alpha^F = (\alpha_1^F + \alpha_2^F) = 8,5-12 \text{ Hz.}$

² Die zu erwartende Anzahl von 300 Merkmalsträgern (60 Probanden x 5 Prae-Zeit-Testungen) wird durch Ausfall von Probanden nicht erreicht.

4. ERGEBNISSE

Die hierarchische KFA liefert, als heuristisches Verfahren auf die EEG-spezifische und die testpsychologischen Variablen angewandt, insgesamt 26, zum größten Teil deskriptiv hochsignifikante, Einzel-KFAn (Tab. 6).

Um Vergleichbarkeit aufgrund unterschiedlicher Freiheitsgrade zu gewährleisten, wird für jede Einzel-KFA der z-Wert berechnet (s. 3.3.1).

4.1 Hierarchische KFA nach Höhe der z-Werte geordnet

Tab. 6: Darstellung der 26 Einzel-KFAn der hierarchischen KFA nach Höhe ihrer z-Werte geordnet

Nr.	Psychologische Testvariablen				EEG-Variable α_F	χ^2	df	z-Wert
	UM	PL	RT	FVF ¹				
1	UM	PL	RT	FVF	α_F	193,60 ²	26	12,536
2	UM	PL	RT	FVF	/	160,95 ²	11	10,471
3	UM	PL	RT	/	α_F	95,51 ²	11	7,681
4	/	PL	RT	FVF	α_F	90,76 ²	11	7,434
5	UM	PL	RT	/	/	73,42 ²	4	7,074
6	/	PL	RT	FVF	/	68,24 ²	4	6,810
7	UM	PL	/	FVF	α_F	78,38 ²	11	6,745
8	UM	/	RT	FVF	/	66,99 ²	4	6,744
9	UM	/	RT	FVF	α_F	76,01 ²	11	6,605
10	UM	PL	/	/	α_F	57,50 ²	4	6,215
11	UM	PL	/	/	/	35,96 ²	1	5,997
12	UM	PL	/	FVF	/	47,29 ²	4	5,575
13	/	/	RT	FVF	/	27,79 ²	1	5,272
14	/	/	RT	FVF	α_F	33,37 ²	4	4,534
15	UM	/	RT	/	/	18,84 ²	1	4,341
16	/	PL	RT	/	α_F	30,43 ²	4	4,278
17	/	PL	/	FVF	α_F	28,33 ²	4	4,085
18	/	PL	/	/	α_F	15,93 ²	1	3,991
19	/	PL	RT	/	/	14,20 ²	1	3,768
20	UM	/	RT	/	α_F	19,33 ³	4	3,128
21	/	PL	/	FVF	/	6,58 ³	1	2,565
22	/	/	/	FVF	α_F	5,16 ³	1	2,272
23	UM	/	/	FVF	α_F	10,30 ³	4	1,794
24	UM	/	/	FVF	/	2,02	1	1,421
25	/	/	RT	/	α_F	0,29	1	0,539
26	UM	/	/	/	α_F	0,03	1	0,173

Bei Betrachtung der Einzel-KFAn der hierarchischen KFA nach Tabelle 6 wird deutlich, daß die Einzel-KFA mit dem höchsten z-Wert (Nr. 1 Tab. 6) a l l e der untersuchten Variablen enthält.

¹ UM = Umstecken; PL = PAULI-Rechentest; RT = Reaktionszeit auf Ton; FVF = Flimmerverschmelzungsfrequenz

² Deskriptiv hochsignifikant auf dem 0,1%-Signifikanzniveau

³ Deskriptiv signifikant auf dem 5%-Signifikanzniveau

Dies weist darauf hin, daß die Struktur der dargestellten Merkmale komplexer Natur zu sein scheint.

Das Weglassen nur einer der Variablen ergibt einen niedrigeren z-Wert, wobei die Kombination der vier psychologischen Testmerkmale allein (Nr. 2 Tab. 6) einen höheren z-Wert liefert, also mehr zur 'Effizienz' der KFA beiträgt als die Kombination zwischen jeweils drei psychologischen Testvariablen und der EEG-Variablen α^F (Nr. 3, 4, 7, 9 Tab. 6).

Innerhalb der Konfigurationen von jeweils drei verschiedenen psychologischen Testmerkmalen mit dem EEG-Parameter α^F läßt sich eine Rangreihe für die einzelnen psychologischen Leistungsvariablen erkennen (Tab. 7):

Tab. 7: Rangreihe der psychologischen Testvariablen innerhalb der 4-er KFA von psychologischen Testvariablen und der EEG-Variablen α^F

1. PL	(PAULI-Test)
2. RT	(Reaktionszeit auf Ton)
3. UM	(Umstecken)
4. FVF	(Flimmerverschmelzungsfrequenz)

Der 'PAULI-Test' (PL) steht an erster Rangstelle und trägt damit am meisten zur 'Effizienz' bei; denn ein Ausschalten dieses Tests führt zum niedrigsten z-Wert (s.a. Nr. 9 Tab. 6) innerhalb der Kombinationen von drei psychologischen Leistungstests mit der EEG-Variablen α^F .

Danach folgen die Tests 'Reaktionszeit auf Ton' (RT) (s.a. Nr. 7 Tab. 6), 'Umstecken' (UM) (s.a. Nr. 4 Tab. 6) und zuletzt die 'Flimmerverschmelzungsfrequenz' (FVF) (s.a. Nr. 3 Tab. 6).

Eine andere Rangreihe ergibt sich bei der Betrachtung eines einzelnen psychologischen Tests in Verbindung mit dem EEG-Merkmal α^F (Tab. 8):

Tab. 8: Rangreihe der psychologischen Testvariablen innerhalb der 2-er KFA_n von psychologischen Testvariablen und der EEG-Variablen α^F

1. PL	(PAULI-Test)
2. FVF	(Flimmerverschmelzungsfrequenz)
3. RT	(Reaktionszeit auf Ton)
4. UM	(Umstecken)

Hier steht der 'PAULI-Rechentest' (PL) (s.a. Nr. 18 Tab. 6) ebenfalls an erster Rangstelle, danach folgen jedoch die Tests 'Flimmerverschmelzungsfrequenz' (FVF) (s.a. Nr. 22 Tab. 6), 'Reaktionszeit auf Ton' (RT) (s.a. Nr. 25 Tab. 6) und schließlich der motorische Test 'Umstecken' (UM) (s.a. Nr. 26 Tab. 6).

Dieses Ergebnis steht in Einklang mit den Ergebnissen einer Korrelationsstudie (44), die zwar niedrige, jedoch signifikant positive Korrelationen zwischen dem 'PAULI-Rechentest' (PL) und der EEG-Variablen α_1^F sowie zwischen der 'Flimmerverschmelzungsfrequenz' (FVF) und der EEG-Variablen α_1^F feststellt, jedoch keine korrelativen Zusammenhänge findet zwischen dem Test 'Reaktionszeit auf Ton' (RT) und α^F sowie 'Umstecken' (UM) und α^F (Tab. 9):

Tab. 9: Rangreihen psychologischer Testvariablen in ihrer Verbindung mit der EEG-Variablen in KFA und Korrelationsstudie (44)

Nr.	2-er KFA psychol. Variablen und α^F	χ^2	Korrelat. psychol. Variablen und α_1^F	Korrelat. koeff. (n. 44)
1	PL	15,93 ¹	PL	0.28
2	FVF	5,16 ²	FVF	0.23
3	RT	0,29	-	-
4	UM	0,03	-	-

¹ Deskriptiv hochsignifikant auf dem 0,1%-Signifikanz-Niveau

² Deskriptiv signifikant auf dem 5%-Signifikanz-Niveau

Ferner läßt sich aus Tabelle 6 eine nach z-Werten geordnete Rangreihe für die Kombination von jeweils zwei psychologischen Leistungstests ableiten, wobei die einzelnen Kombinationen durch das Auftreten bzw. Nicht-Auftreten der EEG-Variablen α^F unterschiedlich in ihrer z-Wert-Ausprägung beeinflußt werden (Tab. 10):

Tab. 10: Vergleich psychologischer Leistungstestkonfigurationen mit und ohne EEG-Variable α^F nach z-Werten geordnet

Nr.	Psycholog. Leistungstestkonfigurationen		EEG-Variable	z-Wert
1	UM	PL	α^F	6,215
	UM	PL	/	5,997
2	RT	FVF	/	5,272
	RT	FVF	α^F	4,534
3	UM	RT	/	4,341
	UM	RT	α^F	3,128
4	PL	RT	α^F	4,278
	PL	RT	/	3,768
5	PL	FVF	α^F	4,085
	PL	FVF	/	2,565
6	UM	FVF	α^F	1,794
	UM	FVF	/	1,421

Unabhängig von der Rangstelle der einzelnen Kombinationen ist die größte z-Wert-Differenz festzustellen zwischen den Konfigurationen PL, FVF, α^F und PL, FVF (Nr. 5 Tab. 10), wobei die Konfiguration PL, FVF mit α^F den höheren z-Wert und damit die größere 'Effizienz' ergibt.

Die nächst größere z-Wert-Differenz zeigen die Kombinationen UM, RT und UM, RT, α^F (Nr. 3 Tab. 10), wobei hier die Kombination UM, RT ohne α^F -Variable den höheren z-Wert liefert.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß der 'PAULI-Rechentest' (PL) und die 'Flimmerverschmelzungsfrequenz' (FVF), zwei Tests,

die höhere mentale Leistungsprozesse messen sollen (s. 2.5.1.3 und 2.5.1.1), in stärkerem Zusammenhang mit der EEG-Variablen α^F zu stehen scheinen als die einfacheren psychomotorischen Tests 'Umstecken' (UM) und 'Reaktionszeit auf Ton' (RT) (s. 2.5.2.2.1; 2.5.1.2.1.1).

Vergleicht man nun diese Konfigurationen von jeweils zwei psychologischen Testvariablen ohne Berücksichtigung der EEG-Variablen α^F aus der vorliegenden KFA mit den Ergebnissen einer korrelationsstatistischen Studie (44), so ergeben sich weitgehend übereinstimmende Rangreihen (Tab. 11):

Tab. 11: Vergleich der Kombinationen von je zwei psychologischen Testvariablen aus KFA und Korrelationsstudie (44)

Nr.	2-er KFA psychol. Variablen	χ^2	Korrelat. psychol. Variablen	Korrelat. koeff. (n.44)
1	UM + PL	35,96 ¹	UM + PL	-0.47
2	RT + FVF	27,79 ¹	UM + RT	0.45
3	UM + RT	18,84 ¹	RT + FVF	-0.33
4	PL + RT	14,20 ¹	PL + RT	-0.31
5	PL + FVF	6,58 ²	PL + FVF	0.22
6	UM + FVF	2,02	UM + FVF	-0.22

¹ Deskriptiv hochsignifikant auf dem 0,1%-Signifikanz-Niveau

² Deskriptiv signifikant auf dem 5%-Signifikanz-Niveau

4.2 Einzel-KFA mit dem höchsten z-Wert

Wie bereits in 3.3.1 ausgeführt, empfiehlt es sich, bei Vorlage mehrerer 'hochsignifikanter' Einzel-KFAn (vgl. Tab. 6), diejenige mit dem höchsten z-Wert zur Hypothesenbildung heranzuziehen.

Tab. 12: Einzel-KFA mit dem höchsten z-Wert

UM	PL	RT	FVF	α^F
Gesamt- $\chi^2 = 193,60$; $df = 26$; $p < 0,001$; $z = 12,536$				

Diese KFA mit dem höchsten z-Wert liefert nun einige deskriptiv hochsignifikante Reaktionstypen, die jeweils nach der Höhe ihrer χ^2 -Ausprägung als zwei 'prägnante' sogenannte Haupttypen (s. 4.2.1.1; 4.2.1.2) sowie zwei 'Nebentypen' (s. 4.2.2.1; 4.2.2.2) und fünf Antitypen (4.2.3) einander gegenübergestellt werden sollen.

4.2.1 'Hauptreaktionstypen'

4.2.1.1 'Orthodoxer' Reaktionstyp

Leistungsanteil EEG	>	α^F			
Mittelwert	<	↓			
Leistungstests		UM	PL	RT	FVF
durchschnittl. Leistung	>	↓	↓	↓	↓
	<	↓	↓	↓	↓
$\chi^2 = 55,19 \quad df = 1 \quad p < 0,001 \quad f = 20$					
$\bar{x}(UM) = 36,7 s \quad \bar{x}(RT) = 0,24 s \quad \bar{x}(\alpha^F) = 47,6\%$ $\bar{x}(PL) = 23,1 \quad \bar{x}(FVF) = 42,3 Hz$					

Der 'prägnanteste' Konfigurationstyp der Konfiguration (s. Tab. 12) wird 'orthodoxer' Reaktionstyp genannt, weil erwartungsgemäß sowohl die Leistung im α -Bereich als auch die in den psychologischen Leistungstests unterdurchschnittlich ist:

Eine relative Leistungsverminderung in den Tests, die visuelle Wahrnehmungsfähigkeit (FVF), Psychomotorik (UM, RT) sowie Konzentration und Aufmerksamkeit (PL) prüfen, ist kombiniert im Ausgangs-EEG mit einer relativen Verminderung des α -Rhythmus im Sinne einer Vigilanzabnahme (BENTE 1979 (7) in OTT u.a. (44), S. 233).

Dieser Reaktionstyp steht in Übereinstimmung mit der in der Literatur dargestellten Beobachtung, daß die Abnahme eines stabilen und kontinuierlichen α -Rhythmus begleitet wird von einer Einengung des Wachbewußtseins (35, S. 53ff.), von einem Verlust an Präzision in der Anpassungsreaktion auf Umgebungsreize, wobei beispielsweise die Reaktionszeit zunimmt und eine größere Variationsbreite zeigt (4, S. 18).

4.2.1.2 'Paradoxer' Reaktionstyp

Leistungsanteil EEG	>				α^F
Mittelwert	<				
Leistungstests		UM	PL	RT	FVF
durchschnittl. Leistung	>				
	<	↓	↓	↓	↓
$\chi^2 = 53,18 \quad df = 1 \quad p < 0,001 \quad f = 25$					
$\bar{x}(UM) = 36,7 s \quad \bar{x}(RT) = 0,24 s \quad \bar{x}(\alpha^F) = 47,6\%$ $\bar{x}(PL) = 23,1 \quad \bar{x}(FVF) = 42,3 Hz$					

Dieser Konfigurationstyp ist im deskriptiven Sinne ebenfalls als hochsignifikant zu bewerten.

Er soll als 'paradoxer' Reaktionstyp bezeichnet werden, da er von der empirischen Beobachtung (s. 4.2.1.1) in entgegengesetzter Weise abweicht: Einem Hirnstrombild im Ausgangs-EEG, das Indikator für einen höheren Vigilanztonus ist, steht eine verminderte Leistung in allen Bereichen der psychologischen Testbatterie gegenüber.

Inwieweit nun dieser Reaktionstyp durch motivationale Faktoren oder unabhängig von der Höhe der Motivation der Probanden physiologisch bedingt ist, muß durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

Dieser 'paradoxe' Reaktionstyp gibt jedoch zumindest zu der Vermutung Anlaß, daß korrelationsstatistische Verfahren u.a. deshalb nur mäßige Korrelationen zwischen EEG-spezifischen und Verhaltensparametern ermitteln (8, 56, 44), weil sie derart gegensätzliche Reaktionsweisen in ihrem statistischen Modell nicht adäquat zu berücksichtigen vermögen.

4.2.2 'Nebenreaktionstypen'

Neben diesen 'hochsignifikanten' Haupttypen können noch zwei weitere Reaktionstypen mittels KFA dargestellt werden, für die zwar ebenfalls ein deskriptiv hochsignifikantes χ^2 ermittelt wird, welches jedoch schwächer als bei den beiden zuvor besprochenen Haupttypen ausgeprägt ist.

Sie sollen deshalb im folgenden als sogenannte Nebenreaktionstypen betrachtet werden.

4.2.2.1 'Nebenreaktionstyp' 1

Leistungsanteil EEG	>					α^F
Mittelwert	<					↑
Leistungstests		UM	PL	RT	FVF	
durchschnittl. Leistung	>	↑	↑	↑	↑	
	<	↓	↓	↓	↓	
$\chi^2 = 13,89 \quad df = 1 \quad p < 0,001 \quad f = 32$						
$\bar{x}(UM) = 36,7 s \quad \bar{x}(RT) = 0,24 s \quad \bar{x}(\alpha^F) = 47,6\%$ $\bar{x}(PL) = 23,1 \quad \bar{x}(FVF) = 42,3 Hz$						

Dieser Reaktionstyp ist als Gegenstück zu dem in 4.2.1.1 dargestellten 'orthodoxen' Reaktionstyp zu sehen und bestätigt, vice versa, die Beobachtung, daß eine höhere Vigilanz relativ gute Ergebnisse in den psychomotorischen (UM, RT) und vor allem den höheren mentalen Leistungen (PL, FVF) erwarten läßt.

4.2.2.2 'Nebenreaktionstyp' 2

Leistungsanteil EEG	>				α^F
Mittelwert	<				↑
Leistungstests		UM	PL	RT	FVF
durchschnittl. Leistung	>	↑	↑	↑	↓
	<	↓	↓	↓	↓
$\chi^2 = 8,51 \quad df = 1 \quad p < 0,01 \quad f = 29$					
$\bar{x}(UM) = 36,7 s \quad \bar{x}(RT) = 0,24 s \quad \bar{x}(\alpha^F) = 47,6\%$					
$\bar{x}(PL) = 23,1 \quad \bar{x}(FVF) = 42,3 Hz$					

Bei diesem Reaktionstyp finden sich - bei höherer Ausgangs-Vigilanz im EEG - in allen Tests relativ überdurchschnittliche Leistungen mit Ausnahme der Ergebnisse in der 'Flimmerverschmelzungsfrequenz' (FVF), die relativ unterdurchschnittlich ausgeprägt ist.

Eine Erklärung könnte darin zu suchen sein, daß sich hier spezifische, eventuell personencharakteristische Einflußgrößen wie Augenfarbe, Pupillendurchmesser, etc. (s. 2.5.1.1) auf die FVF auswirken und diesen besonderen Reaktionstyp konstituieren.

4.2.3 Antitypen

Neben den zuvor dargestellten Haupt- und Nebenreaktionstypen hat die KFA noch drei subfrequentierte Antitypen und zwei infrequentierte Antitypen (s. Tab. 13) entdeckt.

Unter Antitypen versteht man nach KRAUTH & LIENERT (33, S. 35) 'signifikant' unterfrequentierte Muster, wobei die beobachtete Häufigkeit (f) kleiner als die Erwartungswertschätzung (e) ist (vgl. auch 3.3.2).

Es könnte das Ziel weiterer Untersuchungen sein, nachzuweisen, ob sich die hier gefundenen Antitypen auch bei sehr großen Stichprobenumfängen wiederfinden und dann ein besonderes theoretisches Interesse als überzufällig seltene Merkmalskombinationen verdienen.

Tab. 13: Darstellung der Antitypen nach Höhe der χ^2 -Werte

Nr.	Psycholog. Testvariablen				EEG-Variable α^F	f	e	χ^2
	UM	PL	RT	FVE				
1	↓	↓	↑	↓	↑	1	11,93	10,01 ¹
2	↑	↓	↑	↓	↑	4	15,44	8,48 ¹
3	↑	↓	↓	↑	↑	0	8,25	8,25 ¹
4	↓	↑	↑	↓	↑	4	13,12	6,34 ²
5	↓	↓	↓	↑	↓	0	4,35	4,35 ²

Psychologische Testvariablen:

↓ = überdurchschnittl. Leistung

↑ = unterdurchschnittl. Leistung

EEG-Variable:

↑ = Wert über dem Mittelwert

↓ = Wert unter dem Mittelwert

¹ Deskriptiv signifikant auf dem 1%-Signifikanz-Niveau

² Deskriptiv signifikant auf dem 5%-Signifikanz-Niveau

5. DISKUSSION

Die im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Ergebnisse weisen zunächst einmal in quantitativer Weise darauf hin, daß je nach Kombination der psychologischen Testvariablen und der EEG-Variablen α^F die 'Effizienz' der einzelnen KFA der hierarchischen KFA unterschiedlich beeinflußt wird.

Dabei ist als interessantestes Ergebnis hervorzuheben, daß eine Rangfolge für die einzelnen psychologischen Testvariablen existiert, die für die 'Effizienz' der jeweiligen Einzel-KFA von Bedeutung ist. Diese Rangfolge besteht jedoch nicht absolut, sondern hängt davon ab, ob mehrere psychologische Testvariablen gleichzeitig oder jeweils einzeln mit der EEG-Variablen kombiniert werden.

Die Betrachtung einer einzelnen psychologischen Testvariablen mit der EEG-Variablen α^F läßt sich dabei mit den Ergebnissen einer korrelationsstatistischen Studie vergleichen (44).

Hierbei stehen die Variablen 'PAULI-Rechentest' (PL) und 'Flimmerverschmelzungsfrequenz' (FVF) sowohl in der konfigurationsfrequenz- als auch der korrelationsanalytischen Methodik mit Abstand an vorderster Stelle der Rangreihe der psychologischen Testvariablen (vgl. Tab. 9).

Anders dagegen sieht die Rangreihe aus, wenn mehrere Variablen simultan betrachtet werden, eine Möglichkeit, die die KFA eröffnet, im Gegensatz zur Korrelationsanalyse, die jeweils nur zwei Variablen isoliert betrachtet.

Der 'PAULI-Rechentest' (PL) steht danach zwar nach wie vor an erster Rangstelle, gefolgt von den Testvariablen 'Reaktionszeit auf Ton' (RT) und 'Umstecken' (UM). Die 'Flimmerverschmelzungsfrequenz' (FVF) steht jedoch an letzter Rangstelle (vgl. Tab. 8).

Die Ursache dieser neuen Gewichtung der psychologischen Variablen

bei der simultanen Betrachtungsweise könnte darin zu suchen sein, daß wechselseitige Einflüsse bzw. Abhängigkeiten zwischen den Testvariablen vorliegen, die nur dann augenfällig werden, wenn die Variablen in eine simultane Betrachtungsweise, wie sie die KFA bietet, einbezogen werden.

Auf diese wechselseitigen Abhängigkeiten deuten die hohen χ^2 - bzw. z-Werte hin, die sich vor allem dann ergeben, wenn mehrere Variablen gleichzeitig als Konfiguration auftreten (vgl. Tab. 6).

Wesentlich niedrigere χ^2 - bzw. z-Werte finden sich für die Kombinationen von jeweils nur zwei Variablen, vergleichbar den niedrigen Korrelationskoeffizienten bisheriger korrelationsstatistischer Verfahren (8, 44, 56).

In der vorliegenden Studie wurde aus methodischen Erwägungen (s. 3.4) eine Variablenselektion für die KFA vorgenommen.

Für weitere Studien könnte es jedoch interessant sein, herauszufinden, welche Rangreihen sich bei systematischer Einbeziehung anderer, im Hinblick auf das EEG theoretisch und praktisch bedeutsamer, psychologischer Variablen ergeben (s.a. 2.5.1).

Auch eine Erweiterung des KFA-EDV-Programmes auf beliebig viele Dimensionen, um eventuell eine große Anzahl von Variablen simultan betrachten zu können, wäre methodisch denkbar.

Dies erforderte jedoch entsprechend große Stichprobenumfänge (s. 3.3) und dürfte daher schwer zu realisieren sein.

Im Rahmen dieser Studie wurde nun als deskriptiv signifikanteste Konfiguration diejenige ermittelt, die a l l e der untersuchten Merkmale enthält, ein Ergebnis, das zunächst nur darauf hinweist, daß ein - wie immer auch gearteter Zusammenhang - zwischen den psychologischen Leistungstests und dem EEG-Parameter α^F zu bestehen scheint.

Die qualitative Betrachtung dieser Merkmalskombination weist auf die Richtung des Zusammenhangs hin:

Es scheinen mehrere differenzierte, ja sogar paradoxe Reaktionen im Zusammenspiel von EEG- und psychologischer Testleistung möglich zu sein.

Selbst bei gleicher Ausgangslage im EEG ist mit unterschiedlichen Reaktionstypen in den psychologischen Tests zu rechnen.

Welche Faktoren nun diese verschiedenen Reaktionstypen im einzelnen bedingen, kann zunächst nur vermutet werden.

So räumt MATEJCEK (38, S. 440) ein, daß jede Situation ihr spezifisches Vigilanzmuster besitze, das nicht nur aus Aktivierung, Konzentration, Extraversion und Stimmung bestehe, sondern auch von vielen anderen psychologischen, physiologischen und biochemischen Faktoren abhängig sei, die sowohl bekannt als auch unbekannt sein könnten.

Die hier mittels KFA gefundenen Reaktionstypen können jedoch nur als Arbeitshypothesen dienen:

Sie stellen das Ergebnis einer explorativen Datenanalyse einer Matrix von Probanden mit Meßwiederholungen ohne genaue Kenntnis der Grundgesamtheit, ohne definiertes Modell dar, wobei, im Gegensatz zur Inferenzstatistik, die Entscheidungsregel einschließlich der Irrtumswahrscheinlichkeit post hoc festgelegt wird.

Die hier als deskriptiv signifikant ermittelten Reaktionstypen können deshalb nur aufmerksam machen, als Hinweis interpretiert werden.

Fraglich ist, ob die hier explorativ erstellten Arbeitshypothesen allein inferenzstatistisch bestätigt werden können oder ob hierzu neue Erhebungen und/oder parastatistische Überlegungen notwendig sind. Grundsätzlich können, wie dargelegt (vgl. 3.3.1, S. 31), die durch eine KFA ermittelten Hypothesen unmittelbar inferenzstatistisch nachgewiesen werden.

Bei der vorliegenden Untersuchung ist jedoch zu bedenken, daß die Reaktionstypen unter Meßwiederholung gewonnen wurden und nicht von vornherein feststeht, ob und gegebenenfalls inwieweit diese Meßwiederholung für die Typenausprägung relevant ist. Aufschluß darüber könnte eine weitere Stichprobe von Probanden derselben Population ohne Meßwiederholung in einer der KFA genügenden Anzahl

($N = 5 \times 2^t$; t = Anzahl der Merkmale) ergeben.

Dies ist jedoch nicht Aufgabe der vorliegenden Studie.

Bei einer weiteren Datenerhebung sollte jedoch besonderes Gewicht auf die Kontrolle personen- und situationsspezifischer Einflußgrößen gelegt werden.

Darüberhinaus wäre es wünschenswert, die psychologische Testdurchführung und die EEG-Aufnahme simultan zu gestalten, um einen noch engeren Zusammenhang zwischen den beiden Bereichen zu erzielen (6).

Für eine den Forderungen der KFA genügenden großen Anzahl von Probanden pro Substanzklasse von Psychopharmaka könnten auch eine Datenmatrix von 'Veränderungs-Variablen' unter der in 2.1 dargestellten Psychopharmaka-Behandlung konfigurationsfrequenzanalytisch ausgewertet und 'Änderungstypen' identifiziert werden.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Mit Daten einer umfangreichen klinisch-pharmakologischen Studie sollte ein Beitrag zur Klärung des Zusammenhanges zwischen einem elektroenzephalographischen und vier psychologischen Testparametern geleistet werden.

Bisherige Untersuchungen, die auf korrelationsanalytischen Techniken basierten, fanden lediglich niedrige bis mittelhohe Zusammenhänge zwischen den beiden Bereichen.

Es sollte daher erstmals ein statistisches Verfahren angewandt werden, das, ohne auf dimensionale Bezugssysteme beschränkt zu sein, imstande ist, einen Hinweis auf die Merkmalsstruktur der EEG-spezifischen und der psychologischen Variablen zu geben.

Dieses Verfahren fand sich in der Konfigurationsfrequenzanalyse (KFA).

Dabei zeigte sich, daß mehrere, z.T. deskriptiv hochsignifikante Kombinationsmöglichkeiten zwischen der relativen Power im α -Bereich und vier psychologischen Leistungstest-Variablen (Koordinations-, Konzentrations-Leistung, sensomotorische Reaktion, Flimmerverschmelzungsfrequenz) existieren, wobei den psychologischen Variablen eine unterschiedliche Gewichtung zukommt, je nachdem, ob sie simultan oder einzeln mit dem EEG-Parameter betrachtet werden.

Des weiteren ergab sich, ebenfalls in deskriptiver Weise, daß mehrere differenzierte, ja sogar paradoxe Reaktionstypen wahrscheinlich sind, wenn man das Zusammenspiel der psychologischen Variablen und des EEG-Parameters ohne dimensionale Beschränkung simultan betrachtet.

Darüberhinaus wurde deutlich, daß die Einbeziehung aller aus der Studie selektierten Merkmale notwendig ist, um die größtmögliche 'Effizienz' der KFA zu erzielen.

Die über die hierarchische KFA als explorativer Datenanalyse in einer abhängigen Stichprobe ermittelten Merkmalskombinationen und Reaktionstypen dürfen jedoch noch nicht als real existent betrachtet werden. Sie können als Arbeitshypothesen weiteren Untersuchungen in unabhängigen Stichproben derselben Population dienen.

7. VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

AEP	Akustisch Evoziertes Potential: Durch akustische Stimulation hervorgerufenen elektrisches Potential, das dem EEG überlagert ist.
α , β , δ , θ α^F , β^F , δ^F , θ^F	Bezeichnung für EEG-Frequenzbänder Bezeichnung für EEG-Frequenzbänder, die mittels Faktorenanalyse gewonnen wurde.
χ^2	(Chi-Quadrat) Prüfgröße des χ^2 -Tests; der χ^2 -Test prüft anhand der χ^2 -Verteilung z.B. den Unterschied zwischen einer beobachteten und einer theoretischen Häufigkeitsverteilung.
dB	Dezibel (Dezi-Bel, nach A.A. BELL, Physiologe): Dimensionslose Größe für Dämpfung oder Verstärkung.
df	Anzahl der Freiheitsgrade (einer Verteilung).
e	Erwartungswertschätzung
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EEG	Elektroenzephalogramm
EKG	Elektrokardiogramm
Fg(e)	Freiheitsgrad(e)
FVF	Flimmerverschmelzungsfrequenz: Psychologischer Leistungstest, der vigilanzabhängig ist.
h	hora : Stunde
H_0	Nullhypothese
H_1	Alternativhypothese
Hz	Hertz: Maßeinheit für die Frequenz; 1 Hz = 1 Schwingung/Sekunde
KFA(n)	Konfigurationsfrequenzanalyse(n)
μV	Mikro Volt
μ	(my) Arithmetisches Mittel der Grundgesamtheit

N	Umfang der Stichprobe
Ω	(Omega) Ohm; Maßeinheit des elektrischen Widerstandes: $1 \Omega = 1 \text{ Volt}/1 \text{ Ampere}$
O_2-A_2	EEG-Ableitung rechts okzipital (O_2 , Eingang 1) gegen rechtes Ohr (A_2 , Eingang 2)
p	Wahrscheinlichkeit
$\hat{p}$	Relative Häufigkeit in der Stichprobe (durch p wird π geschätzt)
PL	PAULI-Test: Psychologischer Leistungstest nach R. PAULI (deutscher Experimentalpsychologe)
π	(pi) Relative Häufigkeit in der Grundgesamtheit
RR	Relaxing Recording: Modifizierte Ruheableitung des EEG (Kontrollierte Entspannung)
RT	Reaktionszeit: Psychologischer Test, der sensomotorische Koordination mißt
s	Sekunde
Score	Maßzahl in einem Test
σ	(sigma) Standardabweichung der Grundgesamtheit
t-Test	Statistischer Test, der anhand der t-Verteilung oder Student-Verteilung z.B. die Gleichheit zweier Mittelwerte prüft.
UM	Umstecken: Motorischer Koordinationstest. Teil der motorischen Leistungsserie nach SCHOPPE.
VELA	Vegetative Labilität
4-er KFA	Konfigurationsfrequenzanalyse mit vier Variablen
$\bar{x}$	Arithmetisches Mittel (der Variablen x) einer Stichprobe
10:20 - System	Internationales 10:20 - System: Übereinkunft zur Lokalisierung von EEG-Elektroden nach JASPERS (amerikanischer Neurophysiologe)
ZNS	Zentralnervensystem

z-Wert

Standardnormalvariable; Prüfgröße des z-Tests; der z-Test ist die Anwendung der standardisierten Normalverteilung zur Prüfung von Hypothesen

8. LITERATURVERZEICHNIS

- (1) AIBA, S.: The effects of dexamphetamin, sodium amobarbital and meprobamate on critical frequency of flicker under two different surround illuminations. *Psychopharmacologia* 1 (1959), 89-101.
- (2) AUFDEMBRINKE, B.: Sources of variance in measuring the critical flicker frequency threshold. In: OTT, H., K. KRANDA (Hrsg.): *Flicker techniques in psychopharmacology*. Beltz Verlag, Weinheim, Basel (1982), S. 39-49.
- (3) BARTENWERFER, H.: Allgemeine Leistungstests. In: GOTTSCHALDT, LERSCH, SANDER, THOMAE (Hrsg.): *Handbuch der Psychologie*, Bd. 6: *Psychologische Diagnostik*. Hogrefe, Göttingen (1964), 385-410.
- (4) BENTE, D.: Vigilanz, dissoziative Vigilanzverschiebung und Insuffizienz des Vigilitätsstonus. In: KRANZ, H. und K. HEINRICH (Hrsg.): *Begleitwirkungen und Mißerfolge der psychiatrischen Pharmakotherapie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1964), 13-28.
- (5) BENTE, D., W. BROEREN, M.-L. HARTUNG und W. SCHMITT: Elektroencephalographisch-testpsychologische Korrelationsstudien. *Arzneimittelforsch.* 19 (1969), 439-441.
- (6) BENTE, D., P. CHENCHANNA, W. SCHEULER, P. SPONAGEL: Psychophysiologische Studien zum Verhalten der hirnelektrischen Wachaktivität bei definierter Vigilanzbeanspruchung. 3. Mitteilung: Zur Erfassung pharmakogener Effekte auf die hirnelektrische Aktivität beim Fahrverhalten und die Optimierung des Systems Fahrer - Fahrzeug - Straße. *Z. EEG-EMG* 9 (1979), 61-73.
- (7) BENTE, D.: Vigilance and evaluation of psychotropic drug effects on EEG. *Pharmakopsychiat.* 12 (1979), 137-147.
- (8) BIRBAUMER, N.: *Physiologische Psychologie*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1975.
- (9) BRACKEN, H. v.: Untersuchungen zur Signifikanz der Methode der Flimmer-Verschmelzungs-Frequenzen. In: WELLEK, A. (Hrsg.): *Bericht über den 17. und 18. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie*. Göttingen (1953), 125-126.
- (10) BRYAN, W.L., N. HARTER: Studies on the telegraphic language. *Psychol. Review* 6 (1899), 345-375.
- (11) COLGAN, C.: Critical flicker frequency, age and intelligence. *Amer. J. Psychol.* 67 (1954), 711-713.

- (12) EYSENCK, H.J.: Drugs and personality. I. Theory and methodology. *J. Ment. Sci.* 103 (1957), 119-131.
- (13) FAHRENBERG, J.: Ein itemanalytisierte Fragebogen funktionell-körperlicher Beschwerden (VELA). *Diagnostica* 11 (1965), 141-153.
- (14) FERRIS, S., T. CROOK, G. SATHANANTHAN, S. GERSHON: Reaction time as a diagnostic measure in senility. *J. Amer. Geriat. Soc.* 24 (1976), 529-533.
- (15) FISHER, M., M. KINSBOURNE: Fusion frequency as a function of number and phase of binocular stimuli. *Perception and Psychophysics* 11, 4 (1972), 291-293.
- (16) FLEISHMAN, E.A.: A factor analysis of the intratask performance on two psychomotor tests. *Psychometrika* 18 (1953), 45-55.
- (17) FLEISHMAN, E.A., W.E. HEMPEL: A factor analysis of dexterity tests. *Pers. Psychol.* 7 (1954), 15-32.
- (18) FLEISHMAN, E.A., W.E. HEMPEL: Changes in factor structure of a complex psychomotor test as a function of practice. *Psychometrika* 19 (1954), 239-252.
- (19) FLEISHMAN, E.A.: Dimensional analysis of psychomotor abilities. *J. Exp. Psychol.* 48 (1954), 437-454.
- (20) FLEISHMAN, E.A., W.E. HEMPEL: The relation between abilities and improvement with practice in a visual discrimination reaction task. *J. Exp. Psychol.* 49 (1955), 301-312.
- (21) FLEISHMAN, E.A., G.D. ELLISON: A factor analysis of fine manipulation tests. *J. Appl. Psychol.* 46 (1962), 96-105.
- (22) GASTAUT, H.: Vom Berger-Rhythmus zum Alpha-Kult und zur Alpha-Kultur. *Z. EEG-EMG* 5 (1974), 189-199.
- (23) HACKER, W.: Zur Methodik der Bestimmung von Belastungswirkungen mittels der Flimmerverschmelzungsfrequenz. *Psychiat. Neurol. Med. Psych.* 10 (1958), 327-345.
- (24) HERRMANN, W.M., R.J. McDONALD, M. BOZAK: A psycho-experimental model for the investigation of hormones as psychotropic agents. In: ITIL, T.M., G. LAUDAHN, W.M. HERRMANN (eds.): *Psychotropic action of hormones*. Spectrum Publications, Inc., New York (1976), 79-119.
- (25) HERRMANN, W.M., K. FICHTE, St. KUBICKI: Mathematische Rationale für die klinischen EEG-Frequenzbänder. 2. Stabilität der Faktorenstruktur bei zwei Länderstichproben und Meßwiederholungen unter Placebo. *Z. EEG-EMG* 9 (1978), 200-205.

- (26) HERRMANN, W.M., R.J. McDONALD: A multidimensional test approach for the description of the CNS activity of drugs in human pharmacology. *Pharmacopsychiat.* 11 (1978), 247-265.
- (27) HERRMANN, W.M.: Entwicklung und kritische Bewertung eines objektiven Verfahrens zur elektroenzephalographischen Klassifizierung von Psychopharmaka. *Habilitationsschrift*, Freie Universität Berlin, FB 3, 1980.
- (28) HOFMANN, W., W.M. HERRMANN, St. KUBICKI: Die Analyse akustisch evozierter Potentiale - Darstellung eines objektiven, voll automatisierten Auswertungsverfahrens. *Z. EEG-EMG* 12 (1981), 84-89.
- (29) HONIGFELD, G.: Neurological efficiency, perception and personality. *Perception and Motor Skills* 15 (1962), 531-533.
- (30) HORST, P.: Pattern analysis and configural scoring. *J. Clin. Psychol.* 10 (1954), 3-11.
- (31) JANKE, W.: Über psychische Wirkungen verschiedener Tranquillizer bei gesunden, emotional labilen Personen. *Psychopharmacologia (Berl.)* 8 (1966), 340-374.
- (32) JANKE, W.: *Psychodiagnostische Methoden in der Human-Psychopharmakologie*. Sandoz AG, Nürnberg 1977.
- (33) KRAUTH, J., G.A. LIENERT: Die Konfigurationsfrequenzanalyse und ihre Anwendung in Psychologie und Medizin. Karl Alber Verlag, Freiburg, München 1973.
- (34) KRAUTH, J., G.A. LIENERT: Nichtparametrischer Nachweis von Syndromen durch simultane Binomialtests. *Biom. Z.* 15 (1973), 13-20.
- (35) KUGLER, J.: *Electroencephalographie in Klinik und Praxis*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1966.
- (36) LEHMACHER, W.: Die Konfigurationsfrequenzanalyse qualitativer Daten als explorative Methode. In: *Explorative Datenanalyse, Frühjahrstagung, München, 1980, Proceedings. Medizinische Informatik und Statistik* 26, Springer Verlag (1980), 147-155.
- (37) LIENERT, G.A.: *Testaufbau und Testanalyse*. Beltz Verlag, Weinheim, Berlin, Basel 1969.
- (38) MATEJCEK, M.: Vigilance and the EEG: Psychological, physiological and pharmacological aspects. In: HERRMANN, W.M. (ed.): *Electroencephalography in drug research*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York (1982), 405-508.
- (39) MEILI, R., H.-J. STEINGRUEBER: *Lehrbuch der psychologischen Diagnostik*. Hans Huber Verlag, Bern 1978.

- (40) MERZ, F.: Tests zur Prüfung spezieller Fähigkeiten. In: GOTTSCHALDT, LERSCH, SANDER, THOMAE (Hrsg.): Handbuch der Psychologie, Bd. 6: Psychologische Diagnostik. Hogrefe, Göttingen (1964), 417-458.
- (41) MICHEL, L.: Allgemeine Grundlagen psychometrischer Tests. In: GOTTSCHALDT, LERSCH, SANDER, THOMAE (Hrsg.): Handbuch der Psychologie, Bd. 6: Psychologische Diagnostik. Hogrefe, Göttingen (1964), 19-70.
- (42) MISIAK, H.: Practice effect on critical flicker frequency measures. J. gen. Psychol. 38 (1948), 251-256.
- (43) MUECHER, H.: Über die Abhängigkeit der visuellen Verschmelzungsfrequenz von leichter geistiger Arbeit. Psychologische Beiträge 4 (1960), 530-543.
- (44) OTT, H., R.J. McDONALD, K. FICHTE, W.M. HERRMANN: Interpretation of correlations between EEG-powerspectra and psychological performance variables within the concepts of "subvigilance", "attention" and "psychomotoric impulsions". In: HERRMANN, W.M. (ed.): Electroencephalography in drug research. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York (1982), 227-247.
- (45) PAULI, R., W. ARNOLD: Der Pauli-Test. Seine sachgemäße Durchführung und Auswertung. Barth Verlag, München 1951.
- (46) PAWLIK, K.: Dimensionen des Verhaltens. Hans Huber Verlag, Bern 1968.
- (47) REY, E.-R.: Fortran-Programm für die Konfigurationsfrequenzanalyse nach LIENERT 1973. Zentralinstitut für seelische Gesundheit, Mannheim.
- (48) RUESSEL, A.: Psychomotorik. Empirie und Theorie der Alltags-, Sport- und Arbeitsbewegungen. Darmstadt 1976.
- (49) SACHS, L.: Angewandte Statistik. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1973.
- (50) SCHOPPE, K.-J.: Motorische Leistungstestserie. Hogrefe, Göttingen 1974.
- (51) SCHMIDTKE, H.: Über die Messung der psychischen Ermüdung mit Hilfe des Flimmertests. Psychol. Forschung 23 (1951), 409-463.
- (52) SMITH, J.M., H. MISIAK: Critical flicker frequency (CFF) and psychotropic drugs in normal human subjects - a review. Psychopharmacology 47 (1976), 175-182.
- (53) TURNER, P.: Some observations on centrally-acting drugs in man. Roy. Soc. Med. 58 (1965), 913-914.

- (54) TURNER, P.: Effect of a mixture of dexamphetamine and amylobarbitone on critical flicker fusion frequency. *J. Pharm. Pharmacol.* 17 (1965), 388-389.
- (55) TURNER, P.: Critical flicker frequency and centrally-acting drugs. *Brit. J. Ophthal.* 52 (1968), 245-249.
- (56) VOGEL, F., E. SCHALT, J. KRÜGER, P. PROPPING, K.F. LEHNERT: The electroencephalogram (EEG) as a research tool in human behavior genetics: Psychological examinations in healthy males with various inherited EEG variants. I. Rationale of the study. Material. Methods. Heritability of test parameters. *Hum. Genet.* 47 (1979), 1-45.
- (57) WELFORD, A.T.: Sensory, perceptual and motor processes in older adults. In: BIRREN, J.E., R.B. SLOANE (eds.): *Handbook of mental health and aging*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, Inc. (1980), 192-213.
- (58) WHIPPLE, G.M.: *Classics in psychology. Manual of mental and physical tests*. Baltimore 1914.
- (59) ZENTGRAF, R., H. NOWAK: Voraussetzungen und Grenzen der explorativen Datenanalyse. In: *Explorative Datenanalyse, Frühjahrstagung, München, 1980, Proceedings. Medizinische Informatik und Statistik 26, Springer Verlag (1980), 54-62.*

L e b e n s l a u f

Die am 03.12.1951 in Sinzheim geborene Verfasserin bestand am 05.06.1970 auf dem Windeck-Gymnasium in Bühl das Abitur und am 30.07.1976 nach dem Studium der Psychologie an der Universität Heidelberg die Diplom-Hauptprüfung.

Im Sommer-Semester 1976 begann sie das Studium der Human-Medizin an der Universität Heidelberg, wechselte zum Winter-Semester 1977/78 zur Freien Universität Berlin und bestand dort am 25.08.1978 die Ärztliche Vorprüfung, am 30.08.1979 den 1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, am 19.03.1982 den 2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, am 26.04.1983 die Ärztliche Prüfung und erhielt am 16.05.1983 ihre Approbation.

Ihre Diplom-Arbeit in Psychologie aus der Psychosomatischen Klinik Heidelberg, Leiter Prof. Dr. W. Bütigam, wurde auszugsweise veröffentlicht unter dem Titel 'Experimentelle Rorschachuntersuchung zur "pensée opératoire"' in der Zeitschrift PSYCHE 9/10 (1979), 829-873.

D a n k s a g u n g

Herrn Prof. Dr. med. W.M. Herrmann möchte ich an dieser Stelle für die freundliche Überlassung des Themas sowie die Betreuung während der Arbeit danken.

